15 · 1977
ilmestyy joka viikko
3,80

# MERTEN SALAISUUDET

## KAPTEENI COUSTEAUN MUKANA MAAILMAN MERILLÄ JA MERTEN SYVYYKSISSÄ

# MERTEN SALAISUUDET

**Kustantaja**
Oy Concert Hall Society Ab
Hämeentie 157
00560 Helsinki 56
Puhelin 790 022
Tili: Postisiirto n:o 342 35-7
SYP Arabia 215218-6061-8

**Toimitus**
Päätoimittaja Hannu Säilä
Toimittajat: Eero Kärnä
Ulla-Liisa Kyllijoki

**Asiantuntija**
Fil. kand. Teuvo Suominen

**Levikki ja talous**
Levikkipäällikkö Veikko Syvänen
Talouspäällikkö Ingmar Olin
Toimitusjohtaja Harry Söderholm

Kirjapaino: Oy Tilgmann Ab
Espoo 1977



© Jacques-Yves Cousteau
Edito Service S. A.
1977 Oy Concert Hall Society Ab



## TILAA NYT MERTEN SALAISUUDET JA KERÄÄ LEHDET KANSIOIHIN

Merten salaisuudet -lehden voit tilata edulliseen tilaajahintaan mk 2,90/numero. Laskutus tapahtuu jälkikäteen joka toinen kuukausi. Tilaamalla Merten salaisuudet -lehden varmistat, että saat taatusti jokaisen numeron talteen.

Merten salaisuudet -lehden keräilykansioiden avulla voit koota itsellesi lehdistä moniosaisen tietokirjan merestä ja meren elämästä. Kansion saat edulliseen hintaan mk 12,50 (+ postituskulut).

Osoita lehti- ja kansiotilaukset sucraan kustantajalle.


## ETU- JA TAKAKANNESSA JAPANILAISIA KARPPEJA

Jo vuosisatojen ajan japanilaiset ovat kehittäneet särkikaloihin (*Cyprinidae*) kuuluvasta karpista (*Cyprinus carpio*) mitä värikkäimpiä ja muodoltaankin alkuperäisestä karpista eroavia rotuja. Tunnetuimpia muunnoksia ovat muun muassa suomuton nahkakarppi ja peilikarppi, jonka selässä ja kyljissä olevat suomut ovat tavattoman suuria.

## Kivinilkka — elävien poikasten synnyttäjä

Rannikoittemme pilkkimiehille ja verkkopyytäjille on varmasti joutunut saaliiksi pieni ankeriasmaisesti kiemurteleva kivinilkka, jota on erehdytty pitämään mateenpoikasena ja heitetty takaisin mereen. Jos kala on kuitenkin eksynyt pataan asti, se on saattanut jäädä syömättä vihreiden ruotojensa vuoksi.

Koska kivinilkkaa ei meillä suosita ruokakalana, siihen kohdistuva yleinen kiinnostus on ollut vähäistä, emmekä siksi tiedä kovinkaan paljon tämän oudon merenpohjan asukin elämäntavoista. Jopa sen sukulaisuussuhteet muihin kaloihin ovat olleet epäselvät. Aiemmin kivinilkka luokiteltiin ahvenmaisten kalojen suureen lahkoon, mutta se on siirretty turskamaisten kalojen lahkoon. Siitä on siten tullut ulkonäöltään samankaltaisen mateen lähisukulainen.

Kivinilkan ruumis on pitkä ja ankeriasmaisen notkea. Selkäevä ulottuu niskasta pyrstön kärkeen asti, mutta evän loppuosassa on pieni lovi, jossa on lyhyitä piikkiruotoja. Myös peräevä on pitkä. Se yltää peräaukosta pyrstön kärkeen, jossa molemmat evät yhtyvät ja korvaavat puuttuvan pyrstöevän. Suuret rintaevät ovat apuna kivinilkan ryömiessä ja kiemurrellessa pohjaa pitkin. Kalan pää on melko litteä, kuono lyhyt ja huulet turpeat. Värityksetään kivinilkka muistuttaa melkoisesti ruskoleviä, joiden suojissa se päivisin lymyilee. Suojaväritys onkin sille tarpeen, sillä huonona uimarina se helposti joutuu muiden kalojen saaliiksi.

Koska kivinilkan elämäntapoja on tutkittu melko vähän, sen oleskelupaikoista, kasvusta ja iästä on hyvin erilaisia tietoja. Aiemmin luultiin kivinilkan kasvavan meillä vain noin 30 senttimetrin mittaiseksi ja saavuttavan vain muutaman vuoden iän. Tvärminnessä tehdyt viimeaikaiset tutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet, että rannikkovesissämme on runsaasti 4—8 vuotiaita yksilöitä, jotka saattavat olla jopa 45 senttimetrin mittaisia. Tämänikäiset kalat näyttävät viihtyvän yli 25 metrin syvyydessä, jopa 70 metrissäkin. Näin syvällä tapaa nuorempia yksilöitä vain harvoin.

**jatkuu sivulla 31**

*Ulkonäöltään kivinilkka muistuttaa pientä madetta. Nykyisin se luokitellaan turskamaisten kalojen lahkoon, joten sitä siis pidetään mateen lähisukulaisena.*

# Ikivanha molukkirapu

Tavallinen amerikanmolukkirapu, *Limulus polyphemus,* on ensi näkemältä varsin pelottava otus. Se on paksukuorinen ja hidasliikkeinen eläin, jolla on pitkä, tikarimainen pyrstö ja piikikäs selkäkilpi.

*Linqulan* tavoin myös molukkiravut ovat peräisin aina ordovikikaudelta. Ympäristön muuttumisen vaikutukset ovat kuitenkin olleet siksi suuria, ettei nykyisiä lajeja lueta samaan sukuun kuin kambrikautisia muotoja. Yhtäläisyydet ovat joka tapauksessa ilmeiset.

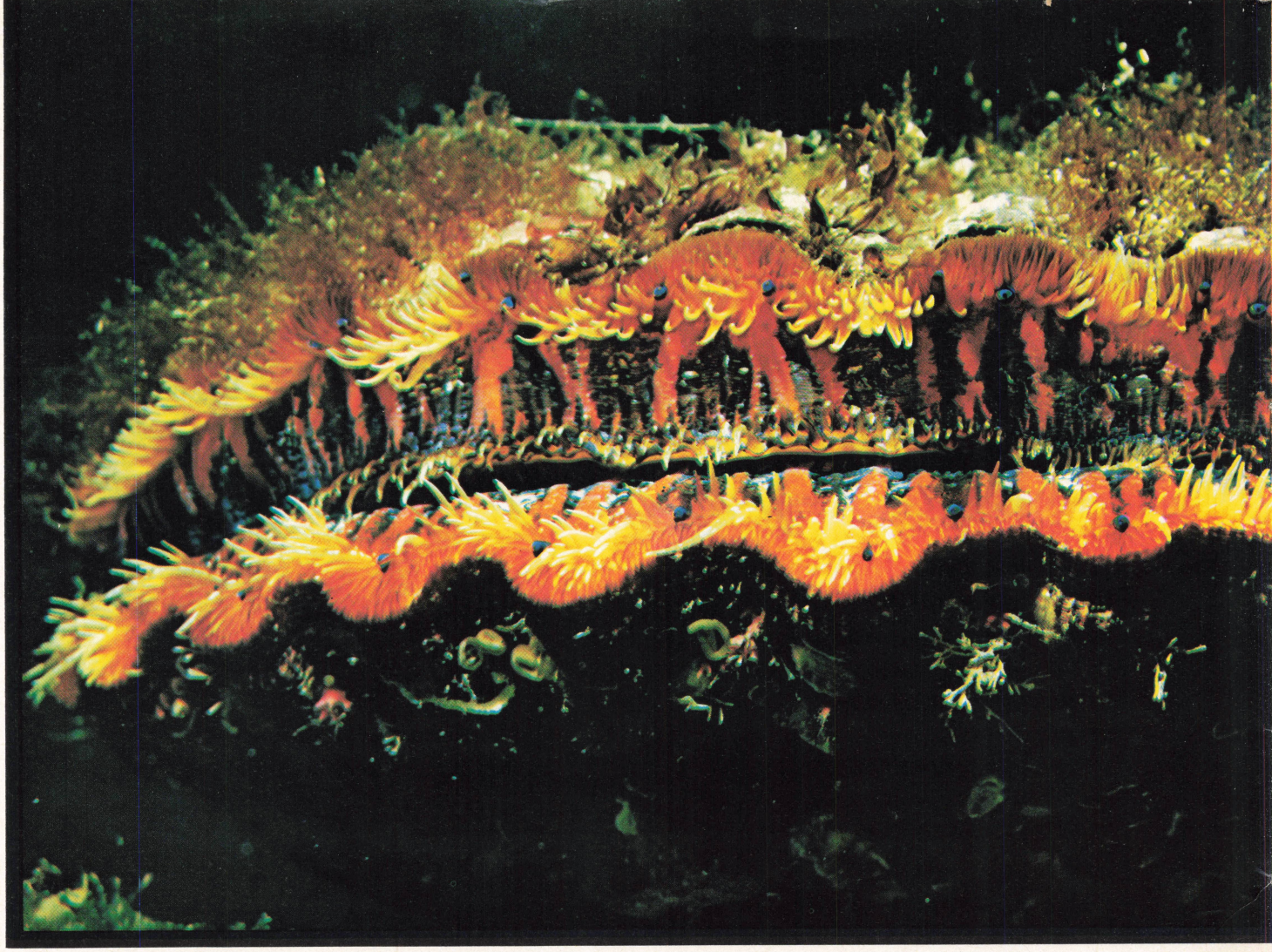
Molukkirapu syö merimatoja, joita se tonkii pohjaliejussa ryömiessään. Uidakin se osaa, mutta tällöin se kääntyy selälleen; oikeinpäin se ponnistautuu pyrstöpiikin avulla. Pelottavasta ulkonäöstään huolimatta otus on vaaraton. Se ei pysty puremaan, ja pienet saksijalat ovat vain ravinnonottoa ja liikkumista varten.

Aloitteleva paleontologi tulee usein epätietoiseksi nähtyään ensi kerran *Limuluksen* toukkia. Ulkonaisesti katsoen ne nimittäin muistuttavat suuresti trilobiittien toukkia. Paleontologian kiistellyimpiä kysymyksiä onkin, ovatko molukkiravut todella sukua trilobiiteille. Tosiasiat näyttävät puhuvan tätä vastaan, koska molukkiravut olivat hyvinkehittyneitä jo kambrikaudella, jolloin varhaisimmat trilobiitit ilmaantuivat.

Molukkirapu ei kuulu varsinaisiin rapuihin, vaan erilliseen *Xiphosura*-ryhmään. Toinen tämän ryhmän edustaja oli nykyisin sukupuuttoon kuollut meriskorpioni, jonka kukoistuskausi oli siluurikaudella. Meriskorpionit eivät olleet varsinaisia skorpioneja. Ne kasvoivat jopa kolmimetrisiksi ja olivat todennäköisesti petoja. Ne lienevät osaltaan vaikuttaneet siihen, että varhaispaleotsooisen kauden kehittyvät kalat muodostuivat panssaripeitteisiksi.

Meriskorpionit ovat kuolleet sukupuuttoon, ja molukkirapu on jäänyt ryhmänsä ainoana edustajana — elävänä fossiilina — vaeltelemaan rantavesiin.

***Ei liian muinainen pariutumaan.*** *Molukkiravut ovat yleisiä nykyisillä merenrannikoilla, kuten ne olivat jo muinaisina aikoina. Tämä pari on parhaimmillaan pariutumassa; ikivanhan suvun tulevaisuuskin on varmistettava.*



# Ihmeelliset silmät

Ihmissilmä, kuten selkärankaisen silmä yleensäkin, on ihmeluomus. Valokuvaaja joutuu käyttämään lukuisia linssejä ja muita laitteita saavuttaakseen silmämme näkökykyä vastaavan tarkkuuden ja syvyysterävyyden. Stereonäkökyvyllemme vetävät vertoja vain joidenkin lintujen ja ihmisapinoiden suoritukset.

Ihmissilmä ei kuitenkaan ole ainoa menestyksekäs näköaistin. Haukat ovat kuuluisia näkökyvystään. Tavallisella niveljalkaisella on satoja, jopa tuhansia silmiä, erillisiä linssejä, jotka muodostavat kerrannaissilmän. Selkärankaisista nahkiaisella on kolme silmää (kolmas silmä on kehittynyt käpylisäkkeestä).

Nilviäisten ryhmä, joka alinomaa hämmästyttää tarkkailijaa monimuotoisuudellaan, on tuottanut useita erilaisia silmätyyppejä. Sinisilmäisen kampasimpukan vaipan lievettä reunustavat kauniit silmärivit. Nilviäisiin kuuluvalla mustekalalla on meriselkärangattomien parhaat silmät. Sen kaksi silmää ovat tavattoman suuret, tehokkaat ja usein erikokoiset. Eräiden tutkijoiden mielestä erikokoisista silmistä on se etu, että toinen silmä toimii paremmin syvän veden hämäryydessä, toinen taas valoisassa pintavedessä.

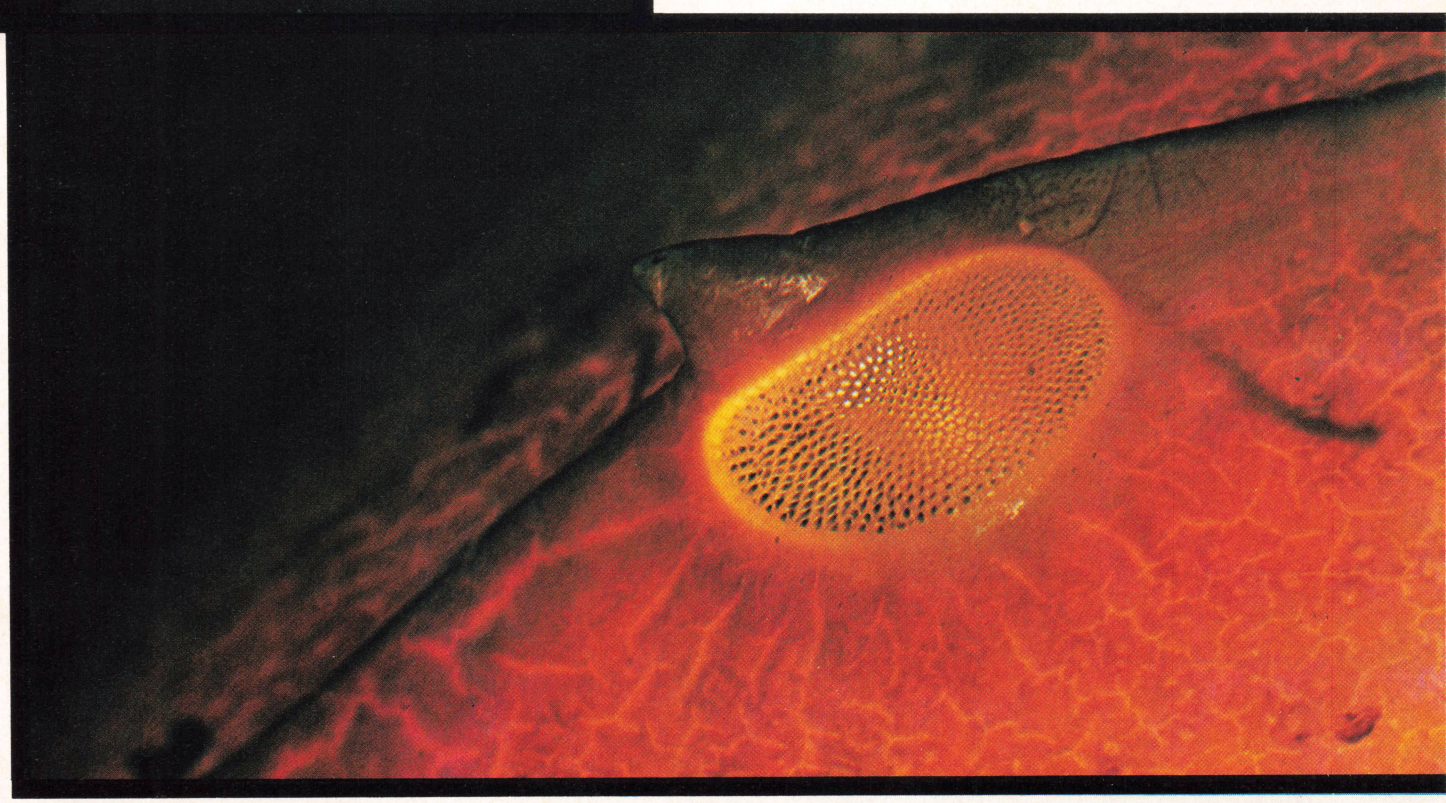
Mustekalan silmän vertailu ihmissilmään on aina kiehtonut biologeja. Mustekalan silmän rakenne on jokseenkin sama kuin ihmissilmän. Mustekalan silmä tarkentuu kuitenkin siten, että linssi siirtyy eteen ja taakse, kun taas ihmissilmän mykiö paksunee lihasten avulla. Lisäksi mustekalan silmän valoa aistivat solut suuntautuvat valoa kohti, ihmissilmän taas valosta poispäin.

Myös kunnianarvoisan tuttavamme molukkiravun silmä on kekseliäs. Äskettäin Euroopassa pidetyssä tieteellisessä konferenssissa esitettiin mielenkiintoinen selvitys molukkiravun verkkosilmän eri osien rakenteesta. Kunkin valoreseptorin muoto osoittautui täsmälleen fysiikan laskelmien mukaisen ihannemuodon tapaiseksi! Kyseessä on monimutkainen parabelimuoto, jonka tuloksena linssin valonaistimiskyky on paras mahdollinen.

Rakenteiden samankaltaisuutta selvittävää tutkimusta sanotaan vertailevaksi anatomiaksi, ja tämän alan tutkijoiden on vielä selvitettävä, kuinka eläinkunnan kolme eri pääjaksoa — niveljalkaiset, nilviäiset ja selkäjänteiset — ovat tuottaneet kolme erilaista, mutta yhtä tehokasta silmänmuotoa.

***Somia sinisilmiä.*** *Tavallisen kampasimpukan vaippaa reunustaa toimintakykyisten silmien rivi (vasemmalla).*

***Kerrannaissilmä.*** *Molukkiravun silmän (alla) jokainen osa on matemaattisen täydellinen, muodoltaan monimutkainen valonaistimislaite.*



# Aikojen alussa

Planeettamme alkuperästä on esitetty monenlaisia teorioita. Aina ilmaantumisestaan asti ihminen on loputtomiin ihmetellyt ja arvaillut häntä ympäröivän maailman syntyä. Sattumaltako — vai viisaan vaiston varassa — useimmat kertomukset maailman ja elämän luomisesta alkavat vedestä?

Kiinalaisen luomiskertomuksen mukaan alussa ei ollut mitään. Aika kului, ja jokin jakautui kahdeksi: näin syntyi mies ja nainen. Nämä synnyttivät kaksi lisää, ja nämä kaksi tuottivat P'an Kun, ensimmäisen olennon, Suuren Ihmisen, Luojan.

Egyptiläiset sanoivat luomishetkeä »ensimmäiseksi ajaksi». Varhaisin egyptiläinen kertomus alkaa Kaaoksen vesistä, Nunista, alkumerestä sekä jumalasta, joka loi itsensä. Tämä itsensä luoja oli Auringon Jumala, jonka nimi Atum merkitsi sekä kaikkea että ei-mitään. Myöhemmin, kun hän alkoi ohjailla luomistapahtumaa, hänen nimekseen tuli Ra. Täten Atum — tai Atum-ra, Auringon Jumala — syntyi ilman luomista Kaaoksen vesistä ja ryhtyi hallitsemaan.

Kreikkalaisten mytologian mukaan alussa oli Kaaos ja tätä ennen ei-mitään. Ihmisen mieli ei kuitenkaan voi tajuta ei-mitään, ja näin Kaaos sisälsi kaikkien niiden asioiden siemenet, jotka »olivat tuleva». Maapallo synnytti nukkuessaan Uranuksen, taivaan. Tämä kostutti emonsa sateella, jolloin puut alkoivat kasvaa, kukat kukoistaa ja ruoho viheriöidä. Eläimet ja linnut syntyivät metsään ja ruohikoille. Järvet täyttyivät ja joet alkoivat virrata mereen.

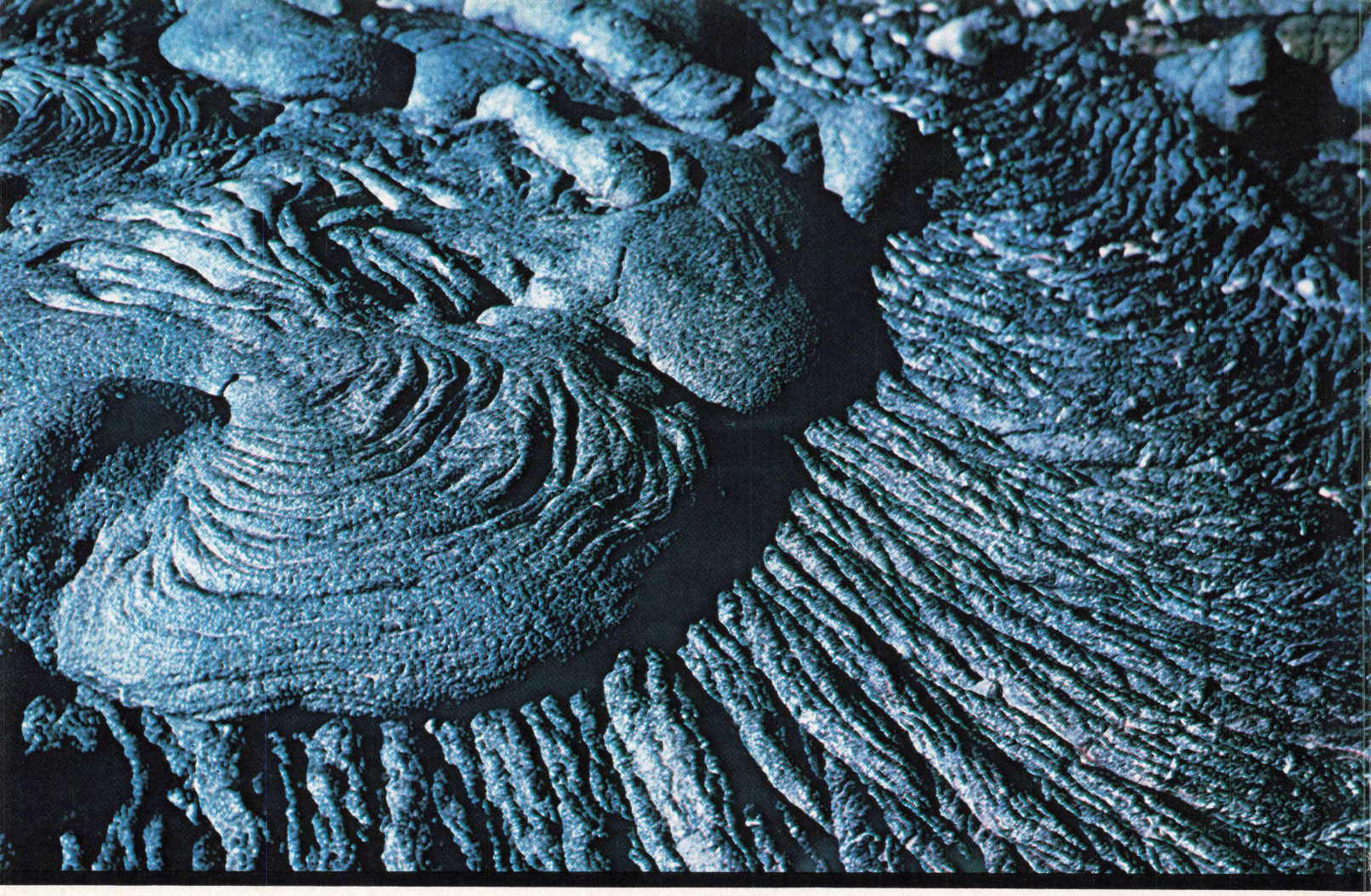
Intian mytologian Rig-Veda-myytissä eräs luomiskertomus alkaa virtaavista alkuvesistä, joissa syntyi kultainen muna. Tästä munasta tuli kaikkien olevaisten herra, joka teki taivaan ja maan ja lahjoitti luoduille elämän ja hengityksen. Tälle elämää suovalle jumaluudelle annettiin nimeksi Prajapati, luotujen herra ja isä.

Mixteekki-intiaanien muinainen meksikolainen legenda alkaa näin: »Varjon ja pimeyden vuonna ja päivänä, jolloin ajanlasku ei vielä ollut alkanut, maailma oli hämäryyteen vajonnut kaaos.» Koko maa oli veden peitossa. Vihreä lima aaltoili veden pinnalla, ja vaahto kuohui hiljaa hämäryydessä. Eräänä päivänä tuli jumala, ihmisenmuotoinen, ja hänen kaunis jumalattarensa. He pystyttivät jyrkän kalliotörmän pohjattoman veden ylle ja rakensivat sen laelle itselleen komean asunnon. Törmän ylimmälle huipulle he asettivat kuparikirveen terä ylöspäin ja tukivat taivaan kirveen terää vasten.

Useimmille on tuttu Raamatun versio maapallon synnystä: »Alussa loi Jumala taivaan ja maan. Ja maa oli autio ja tyhjä, ja pimeys oli syvyyden päällä, ja Jumalan Henki liikkui vetten päällä.»

Itse asiassa Raamatun selitys maapallon ja elämän synnystä vastaa tieteen käsityksen yleislinjoja, kunhan aikayksikkönä käytetään päivän asemasta miljoonia vuosia. Yksityiskohdista on todettavissa, että ensin oli maa, sitten vesi; veden kanssa samanaikaisesti tuli ilma, sitten elämä ja lopuksi ihminen. Elämä kuitenkin kehittyy yhä, eikä ihminen suinkaan ole kehityksen päätepiste, vaikkakin sen merkittävä vaihe.

***Uudelleensyntymä.*** *Joka kerran kun tulivuori purkautuu, maankuoreen kasvaa uutta kalliota ja ilmakehään ja valtamereen tulee uutta vettä. Näin on alunperin syntynyt suurin osa maankuoresta, alkumerestä ja alkukaasukehästä.*



***Kovettunutta laavaa.*** *Jäähtyvää laavaa on pintamuodoiltaan kahta eri tyyppiä. Nimet ovat peräisin Havaijilta, jonka asukkaat ovat nähneet niin monta laavapurkausta: pahoehoe (yllä) on köysimäisesti poimuttunut; aa on karkeapintainen ja huokoinen.*

# Maapallon syntyteorioita

Nykyisin on olemassa kaksi selitystä maapallon synnystä — katastrofiteoria ja tiivistymisteoria. Tällä hetkellä jälkimmäinen näistä on yleisemmin hyväksytty.

Yhtä mieltä molemmat teoriat ovat joka tapauksessa siitä, että syntytapahtuma on alkanut noin 4,6 miljardia vuotta sitten. Katastrofiteoria olettaa, että maapallo ja muut planeetat repeytyivät auringosta jättiläistähden vaikutuksesta.

Tiivistymisteorian mukaan aurinko muodostui suuresta pöly- ja kaasupilvestä, joka alkoi tiivistyä maailmankaikkeudessa. Auringon koon kasvaessa sen vetovoima suureni ja veti puoleensa yhä enemmän kosmista pölyä ja kaasua. Planeetat muotoutuivat alkuperäisestä pölypilvestä.

Noin puolen miljardin vuoden ajan maan ydin oli kiinteä. Se oli suhteellisen viileä, raudasta ja silikaateista muodostunut massa, jonka lämpötila oli alle 2000 asteen. Jotkut maapallon sisään joutuneista alkuaineista, kuten uraani, torium ja kalium, olivat radioaktiivisia. Niiden hajoaminen kuumensi vähitellen maapalloa, kunnes sen sisäinen lämpötila kohosi noin 7000 asteeseen.

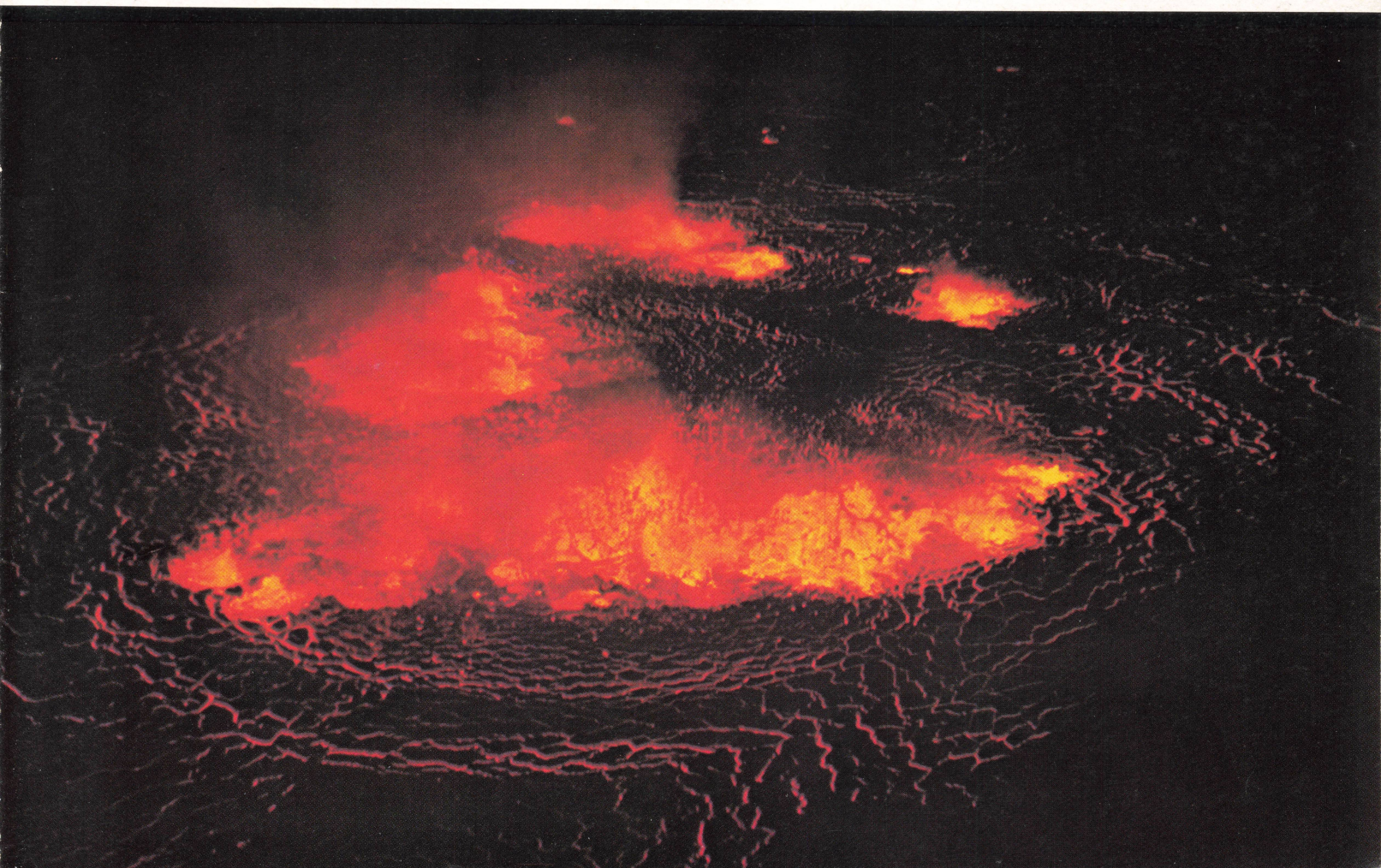
Maapallon alkuaineista rauta oli ensimmäisiä, jotka sulivat. Koska se oli useimpia muita alkuaineita painavampaa, se vaipui syvemmälle työntäen tiellä olleet kevyemmät kallioperän ainekset pintaan. Näin syntyi maapallon rautainen ydin.

Ydintä verhoavaa osaa kutsutaan vaipaksi. Se on painavista silikaattimineraaleista muodostunutta liikkuvaa, taipuisaa massaa. Vaipan aineksen siirrokset, jotka aiheutuvat ytimestä alkuisin olevasta lämmöstä, aikaansaavat liikuntoja uloimmassa kerroksessa — kuoressa. Näitä kuoren liikuntoja sanotaan kansantajuisesti mannerten ajautumiseksi.

Maan suunnaton sisäinen lämpö aiheuttaa pystyvirtailuja. Se työntää myös kivi- ja kaasuaineksia pintaa kohden. Nämä kivilajit ja kaasut ovat aikoinaan jähmettyneet ja muovanneet miljoonien vuosien kuluessa ensimmäiset manteret, valtameren ja ilmakehän.

Aluksi maan pinta muodostui autiosta kalliosta; vesi oli höyrymäisessä muodossa. Happitai otsonikehä ei estänyt salamoiden ja auringonsäteiden kulkua. Maapallon autiota maisemaa elävöittivät purkautuvat tulivuoret, ja kuumat lähteet suihkuttivat kaasuja ilmakehään, joka ei soveltunut hengitettäväksi. Jo pelkän ohuen kalliokuoren kiinteytyminen oli kestänyt miljoonia vuosia. Kaikki tämä tapahtui ennen kuin vesihöyry kerääntyi raskaiksi pilviksi, jotka satoivat alas ja vähitellen kuluttivat paljaita kallioita. Näin muodostuivat valtameret. Elämän kehto oli valmis tulevia asukkaita varten.

***Ilotulitusta.*** *Tulivuorten kraatereista ja purkausaukoista peräisin oleva laava sisältää runsaasti rauta- ja magnesiummineraaleja. Jäähtyessään nopeasti ne tavallisesti muodostavat basalttikallioita.*



# Merten synty

Muinainen kiinalainen runoilija lähestyi totuutta kirjoittaessaan luomisen olleen jotakin olemattomuudesta alkunsa saanutta. Vieläkin on vaikea kuvitella, kuinka tähtienvälisestä sumusta ja kaasuista koostuva löyhä pilvi pystyi lopulta tuottamaan maapallon ja sen meret, manteret, ilmakehän sekä elämän? Tämän tapahtuman ihmeellisyyttä ei vähennä se, että siihen kului kaikkiaan noin 4,5 miljardia vuotta.

Alkeellisimmatkin elämän muodot tarvitsevat vettä. Mistä vesi on tullut? Maapallon muodostuessa sen vetovoimakenttä ei ollut riittävän voimakas pidättämään ilmakehää. Useimmat kevyet kaasut — muun muassa vety ja vesihöyry — poistuivat avaruuteen. Planeettamme kiinteydyttyä noin 4,5 miljardia vuotta sitten kaasuja sitoutui jäähtyviin kivimassoihin. Tulivuoren purkauksissa ja laavamassojen virratessa vapautui suuria kaasumääriä. Vapautuneita kaasuja olivat muun muassa typpi, ammoniakki, metaani, vesihöyry, hiilimonoksidi ja hiilidioksidi. Auringon ultraviolettisäteily hajotti vesihöyryn happi- ja vetykaasuiksi. Vety hävisi avaruuteen, ja happi reagoi todennäköisesti hiilimonoksidin kanssa muodostaen hiilidioksidia. Tällaista ilmakehää sanotaan pelkistäväksi.

Maan edelleen viiletessä vesihöyry alkoi kuitenkin tiivistyä sateeksi, joka muodosti ensimmäiset meret. Maan sisältä vapautui myös nestemäistä vettä, mikä osaltaan edisti merien syntymistä.

Vapaata happea ei ollut ilmakehässä merkittävästi, ennen kuin yhteyttäminen oli alkanut. Kasvisolut poistavat ilmakehästä hiilidioksidia ja vapauttavat happea. Yhteyttämisen käynnistyttyä saavutettiin lopulta vaihe, jossa hapen tuotanto oli nopeampaa kuin sen kuluminen vedyn ja hiiliyhdisteiden kanssa tapahtuvissa reaktioissa. Näin alkoi nykyisen kaltaisen ilmakehän muodostuminen.

Samaan aikaan valtameret kasvoivat yhä edelleen, sillä niihin tulvi vettä tulivuorista, geysireistä ja laavavirroista. Tällaista vettä tulee valtameriin vielä nykyäänkin, mutta sen määrä on suhteellisen vähäinen.

Maapalloa ympäröivä ilmakehä ulottuu useiden satojen kilometrien korkeuteen maanpinnan yläpuolelle. Ilmakehän tiheys alenee vain muutaman kymmenen kilometrin matkalla murto-osaan pinnalla vallitsevasta tiheydestä. Ilmakehästä on noin 78 prosenttia typpeä ja 21 prosenttia happea. Jäljelle jäävä yksi prosentti on pääasiassa jalokaasuja, vesihöyryä ja hiilidioksidia. Vesi peittää suunnilleen 70 prosenttia maapallon pinnasta. Suurin osa tästä alasta on valtameriä, joiden keskisyvyys on noin 3700 metriä. Biosfäärin kolme kerrosta — vedet, maa-alueet ja ilmakehä — ovat vain vähäinen murto-osa maapallon koko massasta.

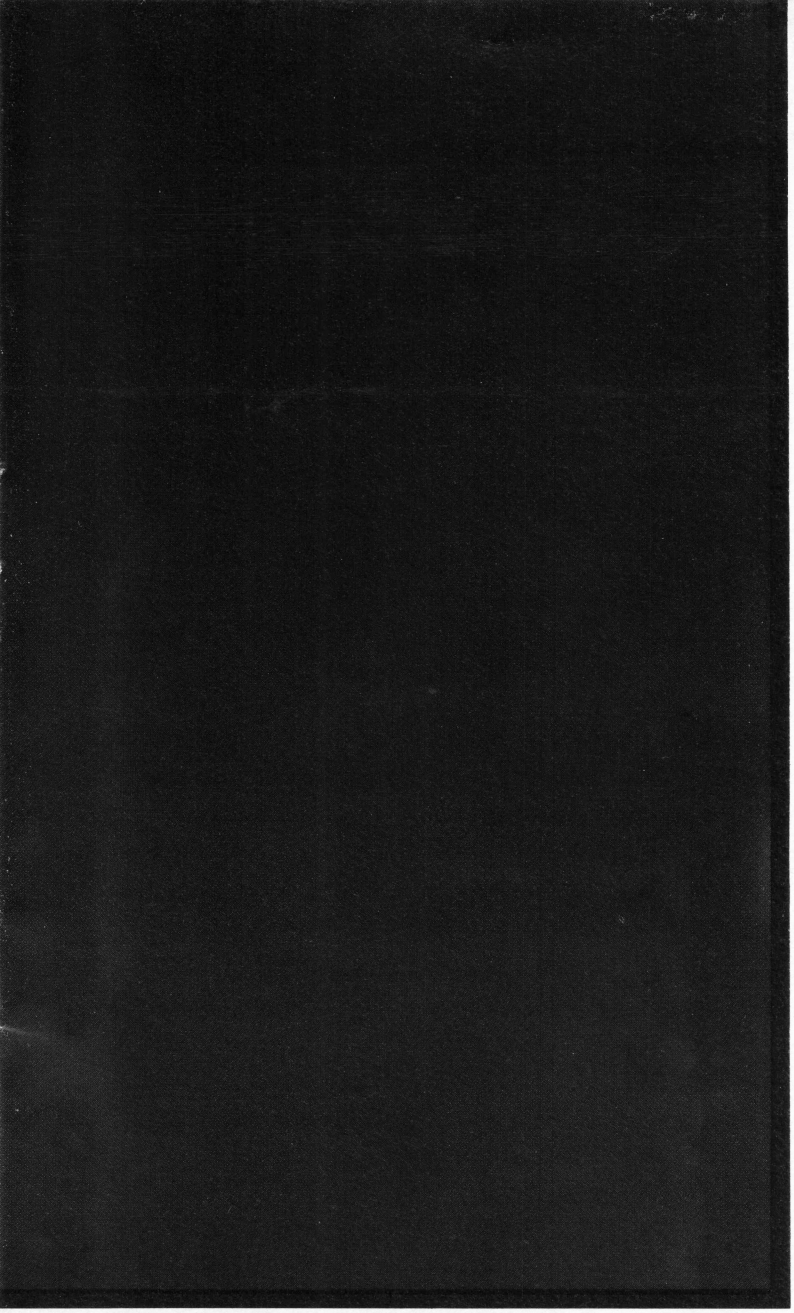
***Ja sateet tulivat.*** *Maapallon varhaisimmat sateet muodostuivat ilmakehän vesihöyrystä, joka oli peräisin vaipan kiviaineksesta vapautuneesta vedestä. Useimmat tuliperäiset kivilajit (sulasta magmasta kiteytyneet kivet) sisältävät jonkin verran vettä. Tätä vettä vapautui maapallon alkuaikoina — ja vielä nykyäänkin — geysireissä (yllä ja oikealla) ja tulivuorenpurkauksissa.*

# Säteilysuojat

Vaikka elämälle välttämätön energia on peräisin auringon säteilystä, niin auringon estämätön ultraviolettisäteily koituisi kohtalokkaaksi eläville kudoksille. Myös kosminen säteily on soluille vaarallista. Näiden säteiden aallonpituus on erittäin lyhyt ja niiden energia tavattoman suuri, joten vain kaikkein paksuimmat suojaukset pystyvät estämään niiden läpikulun. Ne aiheuttavat muutoksia yhdisteissä, jotka ovat perinnöllisyyden ja elämän ilmiöiden perustana.

Elämä maalla ja veden pintakerroksissa tuli mahdolliseksi vasta sitten, kun ilmakehään alkoi muodostua otsonia.

Normaali happikaasu koostuu molekyyleistä, joissa kussakin on kaksi toisiinsa tiiviisti liittynyttä happiatomia. Otsonimolekyyleissä on kolmas happiatomi, joka löyhästi liittyy kahteen muuhun happiatomiin. Tästä syystä otsoni on kemiallisesti erittäin aktiivinen kaasu. Normaaleista happimolekyyleistä muodostuu jonkin verran otsonia salamoinnin yhteydessä, mutta suurin osa otsonista on syntynyt auringon ultraviolettisäteiden vaikutuksesta. Vähitellen tämä happimolekyylien muuttuminen otsonimolekyyleiksi on aikaansaanut yli 20 kilo-



metrin korkeuteen ilmakehään kerroksen, jossa otsonin suhteellinen osuus on suuri. Tämä suojeleva otsonikerros estää ultraviolettisäteilyn liiallisen pääsyn maan pinnalle. Se on antanut elämälle mahdollisuuden kehittyä siksi, minä me sen tunnemme.

Maapalloa ympäröivät valtavan korkealla rengasmaiset vyöhykkeet; jotka muodoltaan muistuttavat auton sisäkumia. Ne koostuvat alkeishiukkasista — protoneista ja neutroneista — joiden uskotaan virranneen auringon pinnalta auringossa tapahtuneiden häiriöiden aikana. Joutuessaan maapallon magneettikenttään hiukkaset jäivät tietyillä alueilla sen vangeiksi.

Näitä äskettäin löydettyjä alueita kutsutaan Van Allenin vyöhykkeiksi. Otsonikerroksen tavoin ne rajoittavat säteilyn pääsyä maanpinnalle.

Tietomme kosmisen ja ultravioletin säteilyn vaikutuksista ovat johtaneet joihinkin erikoislaatuisiin spekulaatioihin viimeaikaisessa tieteellisessä kirjallisuudessa. Maapallon magneettisten napojen tiedetään vaihtaneen keskenään paikkoja useita eri kertoja. Jos nämä vaihdokset eivät olleet silmänräpäyksellisiä — kuten useat asiantuntijat uskovat — niin on todennäköistä, että van Allenin vyöhykkeet hajosivat magneettikentän puuttumisen vuoksi. Olisiko mahdollista, että ajanjaksot, jolloin useita eläin- ja kasviryhmiä hävisi sukupuuttoon, olisivat olleet tämän seurausta?

On otettava huomioon myös se, että kosmiset säteet pommittavat meitä nykyisinkin kaikista suojavarustuksistamme huolimatta. Säteily ei ole niin voimakasta, että se vaikuttaisi jokapäiväiseen elämäämme tai fyysiseen kehitykseemme, mutta ehkä sen vaikutus on kuitenkin niin suuri, että se tulee näkyviin ihmisen elinaikana. Onko mahdollista, että vanheneminen on todellakin seurausta aivosolujen (joita elimistö ei pysty uusimaan) vähittäisestä kuolemisesta, jonka aiheuttaa elinikäinen kosmisten säteiden pommitus?

Vaikka astronautit maata kiertäessään ovatkin otsonikerroksen yläpuolella, niin heitä suojelevat edelleen Van Allenin vyöhykkeet ja tietysti itse avaruusalus. Sen sijaan kuussa oleviin ihmisiin kohdistuu säteily vaimentamattomana. Se ei tosin ole vaikuttanut kuussa käyneisiin ihmisiin niin, että sen seuraukset olisivat olleet havaittavia. Tässä vaiheessa emme kuitenkaan pysty sanomaan mitään mahdollisten pitkäaikaisten oireiden kehittymisestä. Tulevaisuuden kuusiirtokuntien asukkaiden on jollakin tavoin suojattava itsensä kosmisilta säteiltä.

***Näkymä avaruudesta.*** *Tässä satelliittikuvassa näkyy läntistä pallonpuoliskoa peittävä pilvikerros. Otsonikerros ja Van Allenin vyöhykkeet ovat näkymättömiä.*

# Elämän synty

Luonnontieteen eri aloilla on omat määritelmänsä elämälle. Biologisesti elämän perusmuoto on solu — vaikkakin uudet biologiset teoriat esittävät myös solujen välisten yhteyksien olevan osa elävästä perusaineksesta.

Hiili on kaiken meidän tuntemamme elämän rakenteellisena perustana. Fyysikkojen mukaan sekä elävän että elottoman aineen yhteisenä perustana ovat aina protonit, neutronit ja elektronit. J. D. Bernal sanoo: »Elämä on tietyssä tilassa itseään ylläpitävien kemiallisten tapahtumien ruumiillistuma.»

Sir Julian Huxley puolestaan totesi: »Minkään yksittäisen vaiheen tai osan ei voida sanoa olevan elävän; elollisen ja elottoman välille ei voida vetää minkäänlaista jyrkkää ja pysyvää rajaa. Tieteellisen havainnoitsijan kannalta elämä on itseään säätelevä, itsensä korjaava, mutkikas fysiokemiallinen mekanismi.»

Joka tapauksessa elämä syntyi, eikä kukaan ole vielä kyennyt määrittelemään tarkasti sen lukemattomia eri toimintoja ja vaihtelevia ilmentymiä. Elämän määrittelemisen ongelmat ovat kuitenkin yksinkertaisia, jos niitä verrataan vaikeuksiin, joita syntyy yritettäessä jäljittää elämän syntyä ja kehitystä. Monien eri edellytysten oli toteuduttava, ennen kuin edes elämän ensimmäiset epämääräiset merkit saattoivat ilmestyä.

Ensinnäkin maapallon auringon tuli olla riittävän (mutta ei liian) kuuma ja tarpeeksi pitkäikäinen — muutoin ei elollisilla olennoilla olisi ollut tarpeeksi aikaa kehittyä. Auringon säteily ei saanut vaihdella liian paljon. Koska elämän kehittymiseen kului ilmeisesti noin miljardi vuotta, vain aivan tietyn tyyppisettähdet olivat sopivia.

Myös planeetan etäisyydellä auringosta eli tähdestään on suuri merkitys. Jos planeetta saa liian paljon tai liian vähän säteilyenergiaa pinnalleen, minkäänlaisen elämän kehittyminen ei ole mahdollista. Planeetan koko on sekin tärkeä, sillä painovoiman suuruus planeetan pinnalla riippuu planeetan massasta ja läpimitasta. Elämän kehittyminen maapallolla oli osaltaan mahdollista juuri siksi, että maan vetovoima oli riittävän suuri pitämään hapen ja veden ilmakehässä ja sopivan heikko salliakseen vetymolekyylien poistumisen avaruuteen. Tuloksena oli ilmakehä, joka mahdollisti orgaanisen evoluution.

Myös lämpötila kuuluu olennaisen tärkeisiin tekijöihin. Avaruudessa lämpötilat vaihtelevat paristasadasta miinusasteesta erittäin korkeisiin lämpötiloihin, jotka tähtien sisällä saattavat olla satoja miljoonia celsiusasteita. Elämää meidän tuntemassamme muodossa voi esiintyä vain hyvin suppealla lämpötila-alueella. Jos maailmankaikkeuden äärilämpötilat esitettäisiin 100 kilometrin mittaisella lämpömittarilla, niin elämän olemassaolo olisi mahdollista vain tämän mittarin millimetrin pituisella jaksolla.

Kaikki eliöt näyttävät tarvitsevan noin 20 kemiallista alkuainetta sekä vähäisiä määriä eräitä muita alkuaineita. Ainakin 95 prosenttia solulimasta koostuu vedystä, hiilestä, typestä, hapesta, fosforista ja rikistä. Lisäksi siinä on pieniä määriä natriumia, kaliumia, magnesiumia, kalsiumia ja hivenaineina muita metalleja.

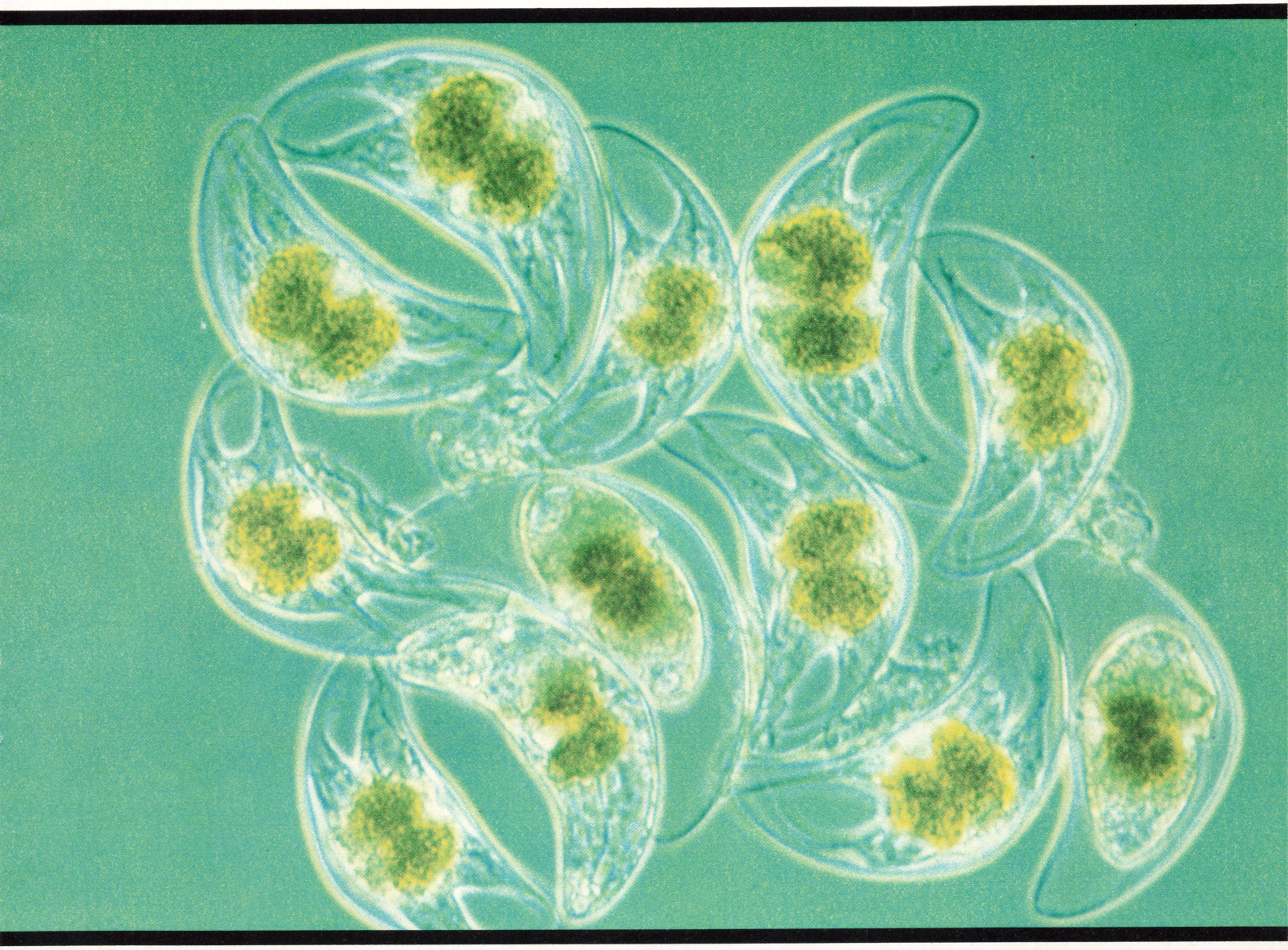
Elämä ilman vettä olisi ollut mahdottomuus, ja näyttääkin siltä, että merivedessä on kaikkia elämälle välttämättömiä aineita. Vesi on soluliman tärkein ainesosa, ja eliöistä on yleensä noin 70—90 prosenttia vettä. Vesi on hyvä yleisliuotin, ja kaikki eliöiden tarvitsemat aineet voivat kulkeutua siinä suspensiona tai liuenneina. Valtamerissä nämä aineet siirtyvät alueilta, joissa niitä on runsaasti, alueille, joissa niiden määrä on vähäisempi. Tämän siirtymisen ansiosta elämällä oli paremmat mahdollisuudet saada alkunsa planeetallamme.

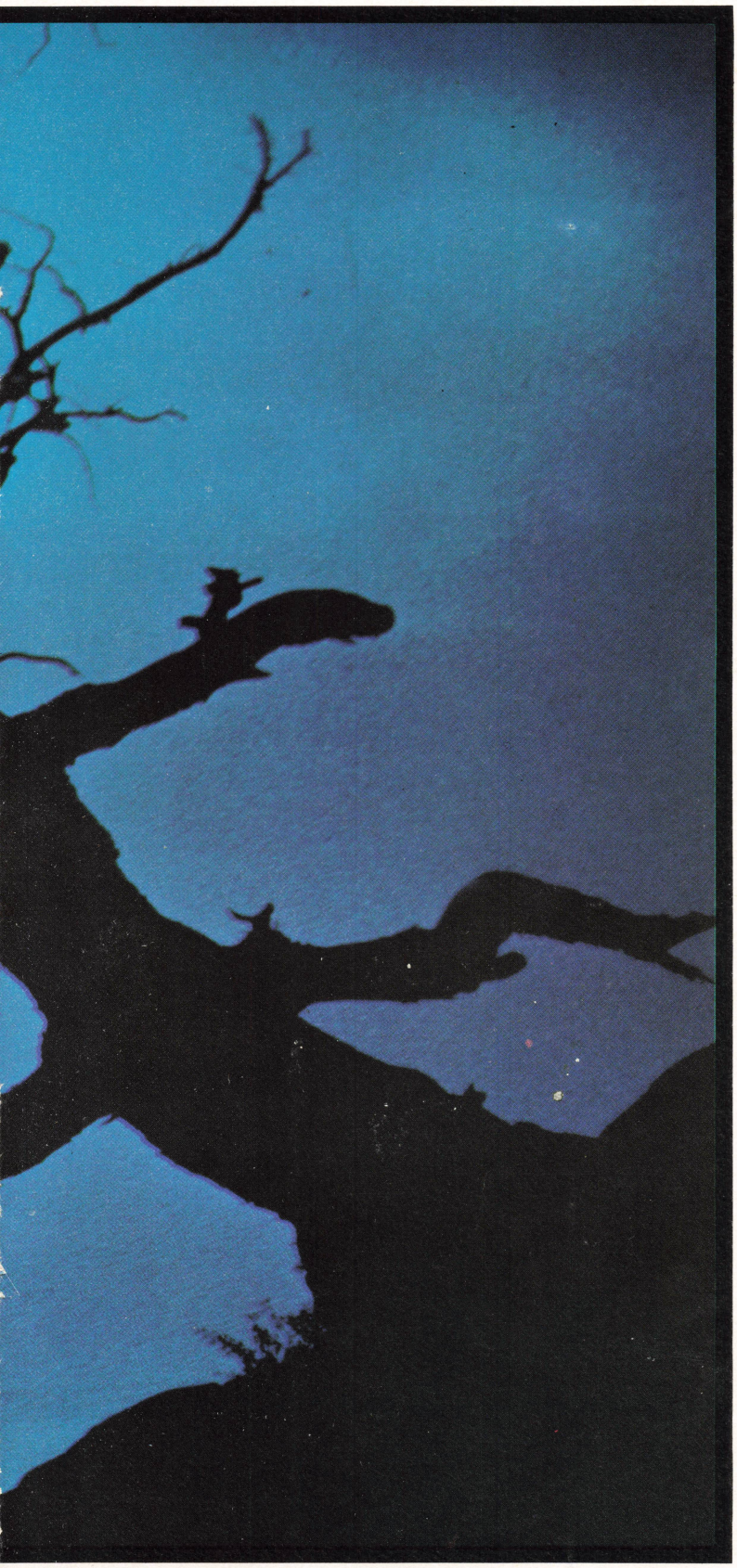
Jos ultravioletti valo pääsisi nykyisin esteettä maapallon pinnalle, se tappaisi useimmat eliöt. Neljä miljardia vuotta sitten ultraviolettisätei-

lyn energia oli kuitenkin elämän alkamisen perustana. Se hajotti alkuilmakehän epäorgaanisia molekyylejä. Jotkut hajoamistuotteista yhtyivät keskenään tai muiden molekyylien kanssa muodostaen aldehydien ja aminohappojen kaltaisia orgaanisia molekyylejä. Koska nämä orgaaniset molekyylit olivat ilmakehän muita molekyylejä raskaampia, ne vajosivat valtamerten pinnalle ja manterille. Manterilta niitä huuhtoutui meriin sadeveden mukana. Kallioperän rapautuessa maalta huuhtoutui myös epäorgaanisia aineita.

Näitä yhdisteitä kerääntyi valtameriin miljoonien vuosien ajan. Lämmön ja ultraviolettisäteilyn vaikutuksesta monet niistä reagoivat keskenään muodostaen yhä suurempimolekyylisiä ja mutkikkaampia aineita. Valtameriin kehittyi näin runsaasti monia erilaisia orgaanisia molekyylejä. Elämän perusyhdisteet olivat rakentuneet.

***Yksinkertainen alku.*** *Kaikilla eliöillä on yhteisiä ominaisuuksia: ne vaativat ravintoa ja tilaa, ja niiden on lisäännyttävä. Kaikki elolliset rakentuvat suhteellisen harvoista alkuaineista, ja kaikkinainen elämä sai alkunsa meressä.*





**Kaikkien maapallon eliöiden energia** on peräisin auringosta. Auringon energia puolestaan on peräisin atomeista. Albert Einstein muotoili vuonna 1905 kuuluisan yhtälönsä $E = mc^2$, eli massaan sisältyvän energian määrä on yhtä suuri kuin ko. massa kertaa valon nopeus neliöön korotettuna. Tämä keksintö muutti koko käsityksemme maailmankaikkeudesta. Einsteinin teoria johti meidät lopulta ymmärtämään, että aurinkomme on periaatteessa vetypommin kaltainen fuusioreaktori. Toisin sanoen: auringon toimintaa ylläpitävät jatkuvat ydinreaktiot.

Auringosta säteilevä energia antoi elottomille aineille sen käyttövoiman, jonka avulla ne sitoutuivat toisiinsa, kasvoivat, muuttuivat, jakautuivat ja lopulta — elivät. Auringon säteilemä lämpö sai tämän kemiallisen liemen sekoittumaan ja kiihdytti molekyylien välisiä reaktioita. Kuuma, kuohuva ja epävakaa maankuori purki itsestään vesihöyryä ja kaasuja, jotka velloivat ilmakehässä. Maapallolla raivosivat hirvittävät myrskyt, jotka aiheuttivat sähköisiä häiriöitä. Häiriöiden purkautuessa salamointina saatiin jälleen uusi energialähde. Sen avulla ilmakehän muutoin huonosti reagoiva typpi muodosti hapen kanssa nitraatteja. Nykyisin näiden typpi-happiyhdisteiden päälähteenä ovat eliöt, typpeä sitovat bakteerit, levät ja sädesienet. Ilman näitä typensitojaeliöitä ja ilmakehän sähköpurkauksia eivät kasvit ja kasvien välityksellä eläimet saisi typpeä, valkuaisaineiden tärkeintä alkuainetta.

Elämän jatkumisen kannalta aurinko on yhä edelleen ehdottoman välttämätön. Ilman auringon lämpöä maapallon pinta olisi asuinkelvoton. Ilman auringon valon sisältämää säteilyenergiaa, jota kasvit käyttävät yhteyttämisreaktiossaan, maapallon pinnalla ei olisi kehittyneitä eliöitä.

***Energiaa.*** *Salamoissa on raakaa voimaa — ne olivat yksi elämän alkutapahtumien energialähteistä. Salama iskee itse asiassa maasta ylöspäin, ei ylhäältä alas, kuten näyttää tapahtuvan. Myös salamoiden energia on viime kädessä peräisin auringosta, jonka energia saa ilmakehän liikkeeseen.*

# Lähtökohdat

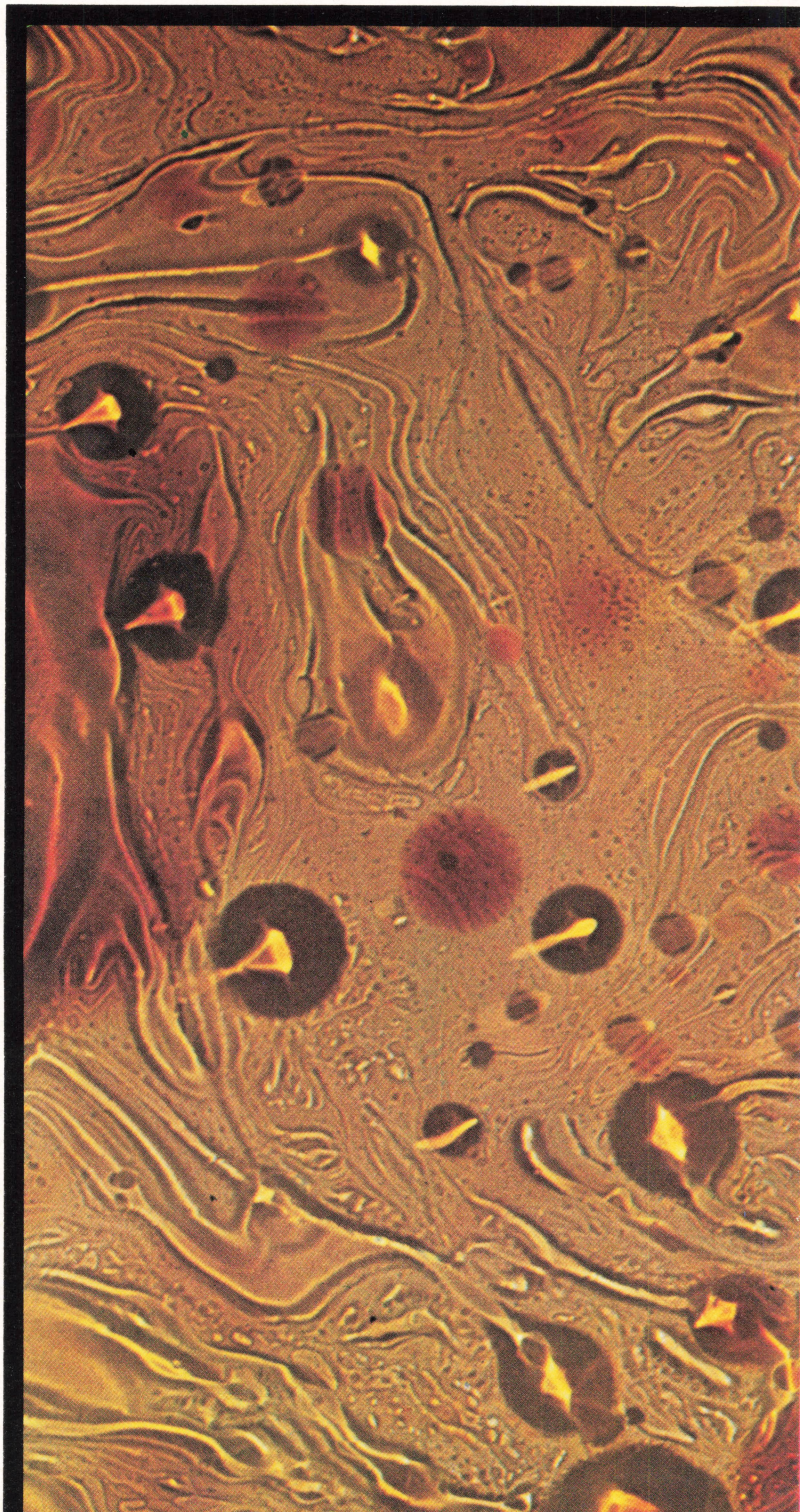
Jotta meressä olevat orgaaniset yhdisteet olisivat voineet reagoida keskenään, niitä täytyi olla toisiinsa nähden oikean suuruisina pitoisuuksina. Asetelma muistutti tilannetta, joka syntyy sytytettäessä räjähtävää ainetta ilmassa: jos ainetta on liikaa, niin se ainoastaan palaa, jos sitä on liian vähän, niin ei tapahdu mitään.

Alkumeressä orgaanisten yhdisteiden pitoisuudet olivat pieniä. Yhdisteet oli saatava jollakin tavoin toistensa yhteyteen, jotta elämä olisi voinut syntyä. Onneksi kaksi nykyisin laboratorioissa havainnoitavaa luonnonilmiötä oli tuolloin vaikuttamassa.

Joillakin savimineraaleilla on poikkeuksellinen adsorptiokyky — ne keräävät pinnalleen suuria määriä tiettyjä yhdisteitä. Kun öljyisiä tai rasvamaisia yhdisteitä kerääntyy oikeanlaiseen ympäristöön, toistaiseksi huonosti ymmärretyt ionien väliset voimat aiheuttavat sen, että tuloksena olevat »pisarat» käyttäytyvät elollisten osasten tavoin. Tällaisia orgaanisista molekyyleistä koostuvia keräytymiä kutsutaan koaservaattipisaroiksi. Niiden uskotaan olleen orgaanisen evoluution yhtenä varhaisena vaiheena.

Koaservaatit ovat viehättäviä laboratorioleikkikaluja. Ne kasvavat ottamalla uusia molekyylejä ympäröivästä vesiliuoksesta. Saavutettuaan tietyn koon ne jakautuvat. Ne näyttävät melkeinpä liikkuvan omatoimisesti. Mutta ne eivät elä — vai elävätkö?

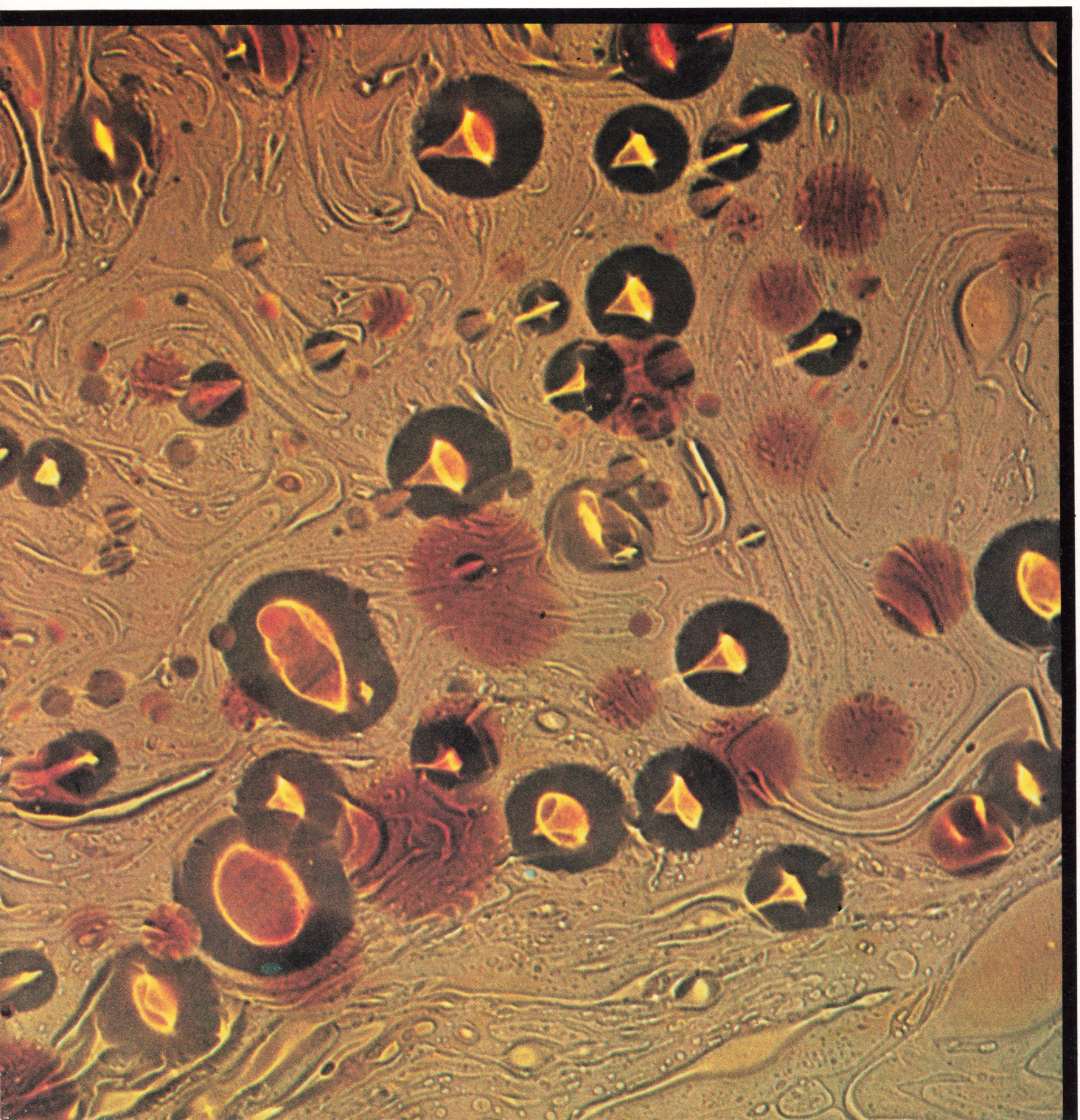
Muinaisen meren alkuliemessä olleet koaservaattipisarat koostuivat todennäköisesti entsyymien alkumuodoista ja mutkikkaista hiiliyhdisteistä (orgaanisista yhdisteistä). Ne sisälsivät elämän perusaineet. Entsyymit säätelevät solun sisällä tapahtuvia kemiallisia reaktioita, ja ne ovat välttämättömiä kaikille elollisille. Ne ovat valkuaisaineita, joihin voi kiinnittyä jokin muu pienempimolekyylinen yhdiste — esimerkiksi jokin vitamiini. Entsyymit ovat katalyyttejä: ne nopeuttavat biokemiallisia reaktioita muuttumatta itse niissä pysyvästi. Entsyymi saattaa hajottaa jonkin molekyylin tai liittää molekyylejä toisiinsa. Entsyymien katalysoimissa reaktioissa molekyyli tai molekyylit liittyvät hetkellisesti entsyymimolekyylin pinnan tiettyyn tai tiettyihin kohtiin. Kyseessä olevan kemiallisen reaktion tapahduttua muuttumaton entsyymimolekyyli irtoaa vastasyntetisoidusta kemiallisesta yhdisteestä tai yhdisteistä.

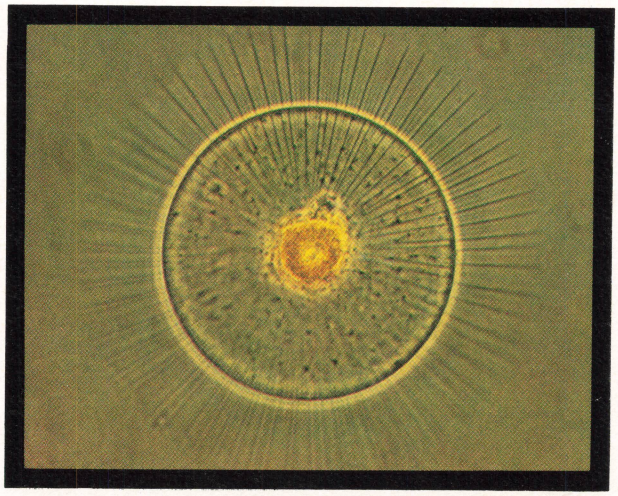


Saattaa olla niin, että biologisessa evoluutiossa entsyymien kehittymistä tärkeämpi tapahtuma on ollut ainoastaan yhdisteiden kasaantuminen koaservaattipisaroiksi.

Suunnilleen samaan aikaan sattunut, elämän synnylle olennaisen tärkeä tapahtuma oli nukleiinihappojen ilmestyminen (nukleiinihapot ovat DNA ja RNA). Nämä yhdisteet pystyivät tuottamaan kopioita itsestään. ATP eli adenosiinitrifosfaatti puolestaan on yhdiste, joka siirtää ja varastoi energiaa solussa; myös näitä molekyylejä oli jo olemassa. Niiden yhdisteet ovat elämän perusaineet.

***Elämän pisarat.*** *Mikroskoopilla katseltuna eräiden öljymäisten aineiden vedessä muodostamat pisarat ovat lähes eläviltä kappaleilta vaikuttavina koaservaatteina. Tarkkailijan on jatkuvasti muistutettava itseään siitä, että niiden käyttäytyminen johtuu ionivoimista.*



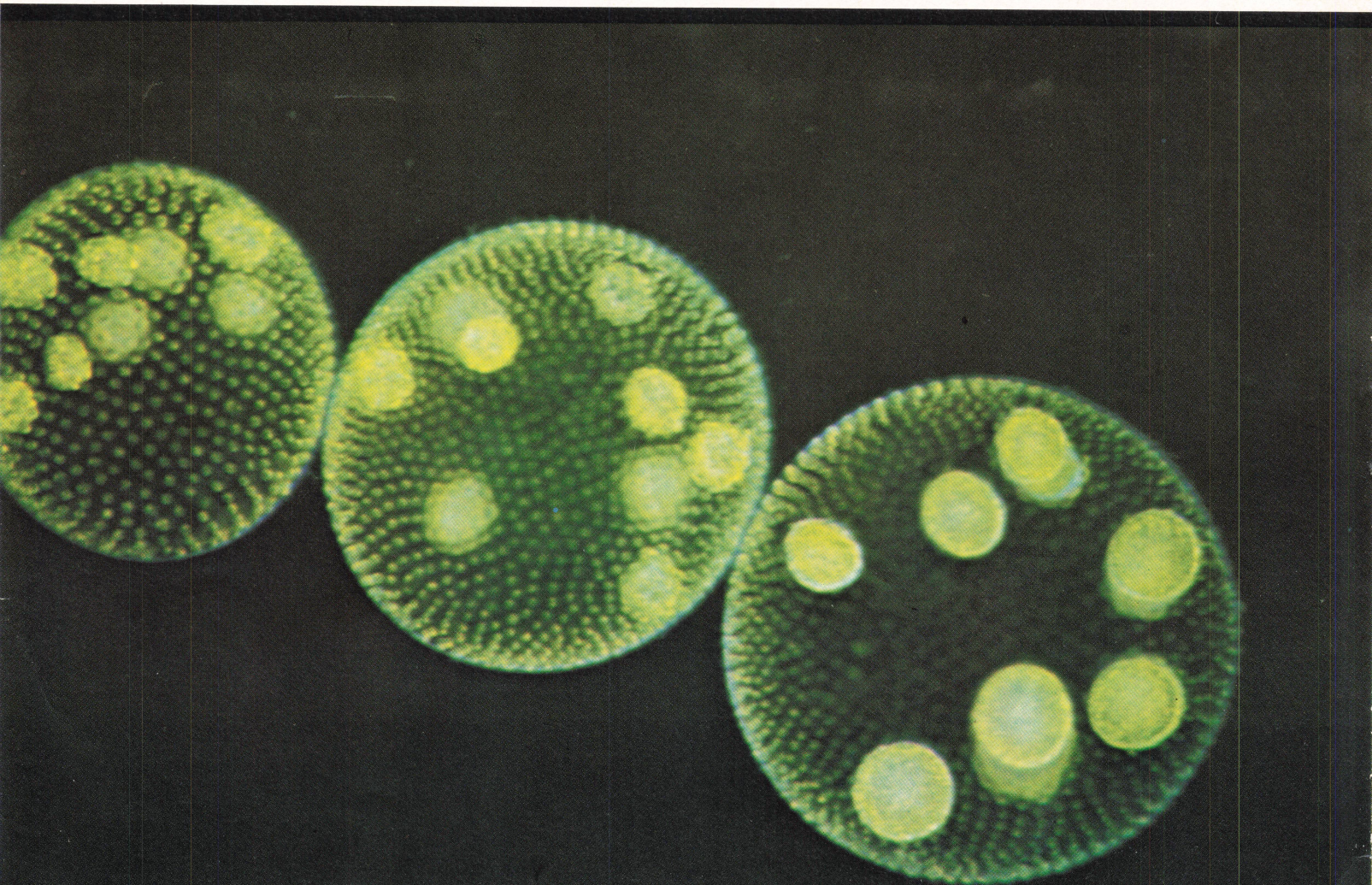


# Elämän perusyksikkö

Miljoonia vuosia kestäneen kemiallisen evoluution tuloksena alkumeri tuotti elollisen olion — yksisoluisen kokonaisuuden, joka pystyi lisääntymään, ottamaan ravintoa ja kasvamaan. 3,5 miljardissa vuodessa evoluutio on johtanut yksisoluisista eliöistä ihmiseen — noin 60 biljoonan solun yhteenliittymään.

Vuonna 1663 englantilainen nimeltä Robert Hooke tarkasteli ohuita korkkiviipaleita alkeellisella mikroskoopillaan. Hän havaitsi, että viipaleet koostuivat pienistä yksiköistä, jotka hänen mielestään muistuttivat rakenteeltaan mehiläispesän kennostoa. Hooke käytti näistä pienistä osasista nimeä »cell» — Lönnrot antoi niille suomenkielisen nimen solu. 175 vuotta myöhemmin luotiin perusta nykyaikaiselle soluteorialle. Saksalainen kasvitieteilijä Matthias Schleiden osoitti vuonna 1838 kaikkien kasvien rakentuvan soluista. Vuotta myöhemmin toinen saksalainen luonnontieteilijä, jonka nimi oli Theodor Schwann, teki sen järisyttävän havainnon, että »solut ovat organismeja ja kokonaiset eläin- ja kasviyksilöt koostuvat näistä organismeista, jotka ovat järjestäytyneet tiettyjen periaatteiden mukaisesti».

Solu voi olla itsenäinen, aktiivisesti liikkuva ja ravintoa hakeva eliö, esimerkiksi ameeba. Solu voi olla osa kehittyneempää eliötä ja suorittaa erikoistuneempia toimintoja läheisesti muihin soluihin liittyneenä. Solujen muoto ja koko

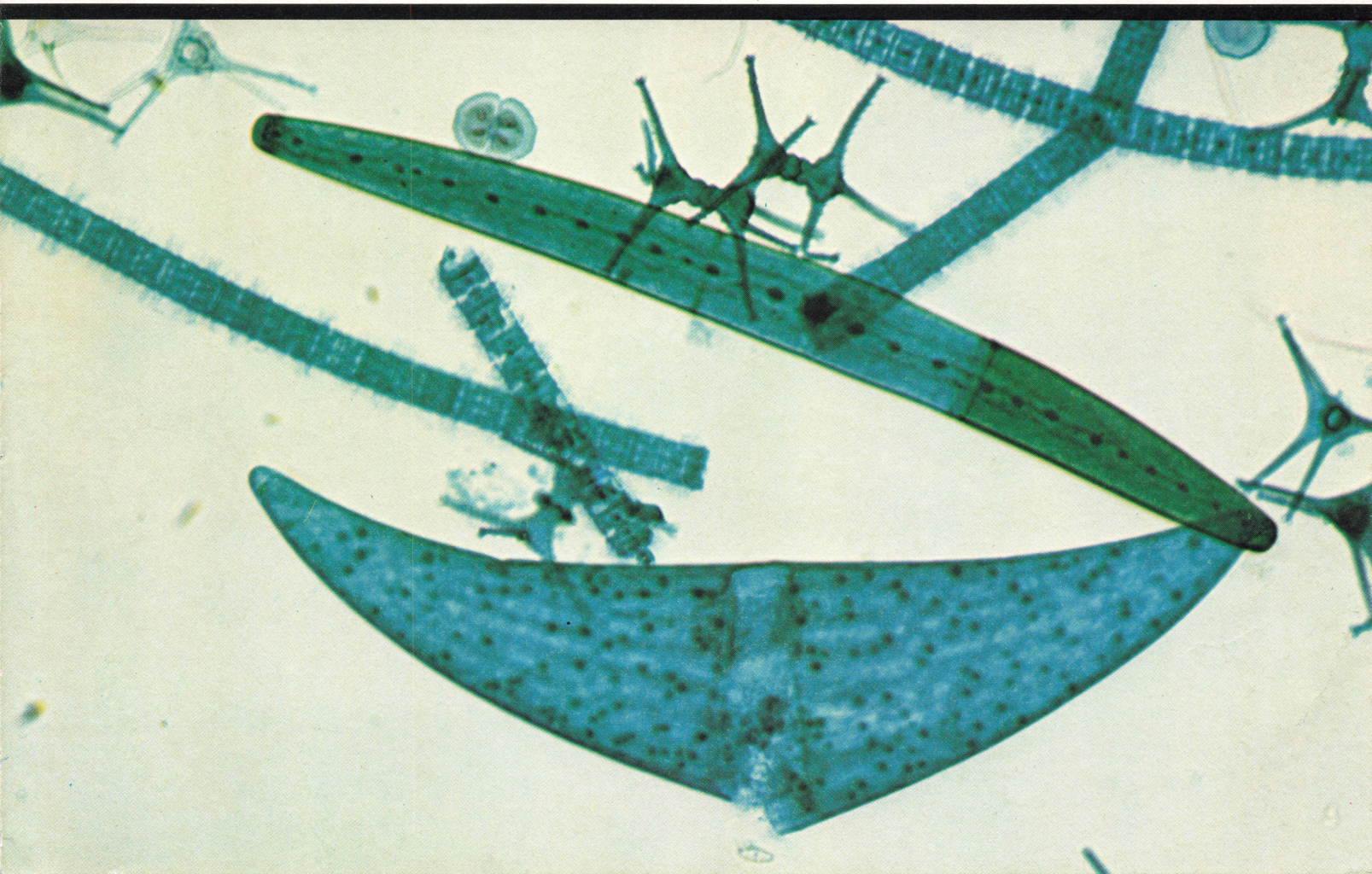


ovat hyvin vaihtelevia. Ne voivat olla sauvamaisia, pallomaisia, spiraalikierteisiä, kuutioita, lautasmaisia tai epämääräisiä, muotoaan vaihtelevia. Kooltaan ne vaihtelevat linnunmunan ruskuaisesta bakteereihin, joiden pituus saattaa olla vain kolme tai neljä millimetrin tuhannesosaa. Niitä voivat tukea piiyhdisteet, kalkki, selluloosa, kovat valkuaisaineet tai pelkkä solukelmu.

Solujen sisärakenne on mutkikas ja pitkälle järjestäytynyt. Jokaisessa solussa on ulkokelmu, jonka sisällä on solulimaa. Solulima on hyytelömäistä »puolinestettä», jossa solun elintoiminnot tapahtuvat. Solulimassa sijaitsee tuma, joka on solun toimintojen tarkkailukeskus ja perinnöllisen aineksen säilytyspaikka. Solulimassa on lisäksi melkoinen joukko erilaisia rakenteita, ns. soluelimiä, joilla kullakin on omat tehtävänsä ja joiden toiminta on solun hyvinvoinnin kannalta tärkeä.

Solu on elämän perusyksikkö, mutta mitä on elämä? Elävinä pidämme tavallisesti sellaisia kokonaisuuksia, jotka ottavat ravintoa, kasvavat, ottavat vastaan ärsykkeitä ympäristöstään ja lisääntyvät. Voiko elämää esiintyä ilman näitä piirteitä? Virukset eivät ota ympäristöstään ravintoa, vaan ne säätelevät isäntäsolunsa elintoimintoja ja saavat sen toimimaan hyväkseen. Ovatko virukset eläviä? Suolojen kiteet voivat suurentua ja ottaa ympäristöstään lisää aineita näin tehdessään. Ovatko ne eläviä? Milloin elottomasta tulee elollinen? Mikä salaperäinen voima tai elämän kipinä muutti elottoman aineen eläväksi? Tätä kysymystä ovat läpi aikojen pohtineet monet nerot. Ehkä se on yksi niistä kysymyksistä, joihin emme milloinkaan saa vastausta.

***Solujen toimintoja.*** *Jokainen yksisoluinen piilevä (viereisellä sivulla ylhäällä ja alla) on itsenäinen yksikkö, joka suorittaa elintoimintonsa täydellisesti. Eräät solut saattavat kerääntyä yksilöryhmiksi, joissa jotkin toiminnat hoitaa yhdyskunta. Tällainen on siimaeliöistä koostuva Volvox (viereisellä sivulla alhaalla), jossa on lisääntymiseen erikoistuneita soluja. Jotkut solut puolestaan ovat osana mutkikasta kokonaisuutta, eliötä; tällaisia soluja ovat kalan tai ihmisen solut.*



**Ehkä vanhimpia todisteita elämästä** ovat ns. stromatoliitit — kookkaat, kuvunmuotoiset mutahiukkaskerrostumat, jotka ovat muodostuneet levämattojen vangitsemista savihiukkasista. Prekambrisen maailmankauden aikana näiden kerrostumien luonteenomainen muoto kehittyi hitaasti vuorovesivyöhykkeessä. Nykyisin niitä on kaikkialla maapallolla, ja joskus niitä löytyy vuorten huipuilta pitkien matkojen päässä merestä. Stromatoliiteista ja niiden koteloista on tavattu joitakin 2,5 miljardia vuotta sitten muodostuneita orgaanisia yhdisteitä.

Useimmat muinaisten levien jäännökset ovat hävinneet täydellisesti. Joitakin rihmamaisia leviä on kuitenkin löydetty kalkkikivessä hajallaan olevista, piikiveä muistuttavista kvartsimuodostumista. Montanan osavaltion pääkaupungin Helenan lähistöltä Yhdysvalloista on tavattu varsin erikoisia stromatoliitteja. Ne ovat jopa 4,5 metrin paksuisia ja ulottuvat satojen metrien pituisina juotteina Helenan dolomiitin juurelta huipulle. Näiden stromatoliittien poikkileikkaus näyttää halkaistulta kaalinkerältä. Kalkkikivessä olevista kvartsikappaleista on löydetty sauvamaisia bakteereita, sinilevien rihmoja ja mahdollisesti sieniä. Näissä fossiilijäännöksissä on myös jälkiä kahdeksasta eri aminohaposta, ja niistä on löydetty vanhimmat, noin 1,9 miljardin vuoden ikäiset monisoluisten eliöiden fossiilit.

Viime aikoina on sauvamaisia ja pyöreitä bakteereja löydetty Etelä-Afrikasta Fig Tree-kerrostumien orgaanisperäisistä, runsaista mustista kvartsikappaleista. Ne ovat yli kolmen miljardin vuoden ikäisiä ja tällä hetkellä vanhimmat tunnetut fossiilit.

Stromatoliitteja muodostuu vielä nykyäänkin sinilevien erottaessa kalsiumkarbonaattia niitä ympäröivästä vedestä. Tällaisia stromatoliittimuodostumia on löydetty Australiaa, Bermudaa ja Bahama-saaria ympäröivistä vesistä.

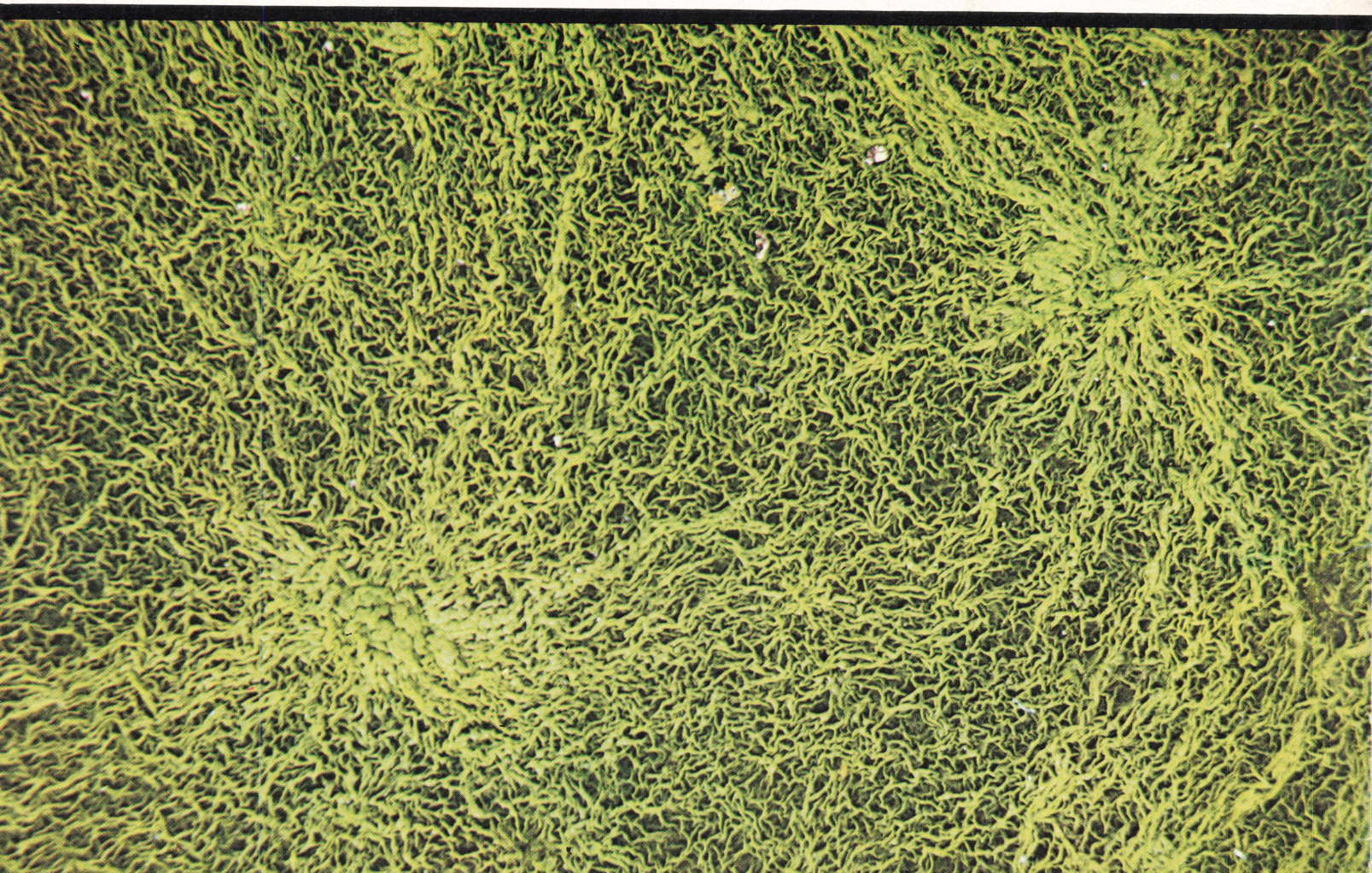
***Kelluksissa neljän miljardin vuoden ajan?*** *Tämä Australian Suuren valliriutan edustan merialueella kelluva leväkerros saattaa olla kutakuinkin samanlainen kuin sen muinaiset edeltäjät.*

# Kehityksen ydin

Solu on eliöiden perusyksikkö — yksisoluisista kasveista ja eläimistä aina ihmiseen saakka. Ennen tiedemiehet uskoivat kaikkien solujen olevan rakenteeltaan samanlaisia. Kussakin solussa oli heidän käsityksensä mukaan soluseinä tai -kelmu, tuma ja lukuisia pieniä rakenteita hajallaan solulimassa. Viimeksi kuluneen neljännesvuosisadan aikana on kuitenkin elektronimikroskooppi vallankumouksellisesti muuttanut käsityksiämme solujen organisaatiosta. Nykyisin tiedämme eliöiden solujen kuuluvan yhden sijasta kahteen eri päätyyppiin. Kasvien, eläinten, alkueläinten ja useimpien levien solut ovat tumallisia eli eukaryoottisia. Bakteerit ja sinilevät ovat tumattomia, prokaryoottisia soluja, ja ne ovat ehkä vanhimpia vielä nykyisin eläviä eliöitä maapallolla.

Eräät tiedemiehet ovat tästä syystä olleet sitä mieltä, että prokaryoottinen solutyyppi on alkeellisempi ja kehitys on siitä johtanut eukaryoottisiin soluihin. Molemmissa solutyypeissä solulimaa ympäröi kalvokotelo (solukelmu). Eukaryoottisissa soluissa myös tumaa ympäröi kalvorakenteinen kotelo (tumakelmu). Prokaryoottisissa soluissa ovat tuman rakenteet vapaina solulimassa. Eukaryoottisen solun tumassa on perinnöllinen aines järjestäytynyt kromosomeiksi kutsutuiksi rakenneyksiköiksi. Jokaisessa ruumiimme solussa on tumassa 46 kromosomia — lukuun ottamatta siittiöitä ja munasoluja, joissa on puolet tästä määrästä. Tietomme prokaryoottisista soluista sen sijaan osoittavat niiden perinnöllisen aineksen olevan vain yhtenä pitkänä kromosomina.

Eukaryoottisissa soluissa on myös muita kelmun ympäröimiä rakenteita. Näihin kuuluvat muun muassa mitokondriot, jotka ovat soluhengityksessä toimivia soluelimiä, lysosomit, jotka ovat pieniä entsyymejä sisältäviä rakku-



***Elämää ilman tumaa.*** *Sinilevät ovat melkeinpä yksinkertaisimpia tunnettuja eliöitä, mutta silti ne ovat luultavasti myös menestyksekkäimpiä.*

***Kuorellisia soluja.*** *Huokoseläimet kuuluvat alkueläimiin. Niiden soluruumiin ympärille on kehittynyt kuori, ja eräiden huokoseläinten kuoret muodostavat suuren osan valtamerien syvänteiden pohjaliejusta.*

loita, sekä vakuolit eli nesterakkulat, jotka ovat nesteen täyttämiä, solun aineenvaihduntatuotteita sisältäviä rakenteita. Prokaryoottisissa soluissa ei vastaavia kalvorakenteita ole lainkaan. Niiden ainoat selvästi erottuvat sisärakenteet ovat tavallisesti solulima sekä kelmuton tuma-alue, jolla ainoa kromosomi sijaitsee. Soluhengityksen ja yhteyttämisen edellyttämät »laitteistot» ovat sijoittuneet solua ympäröivän kelmun sisäpinnalle. Muut aineenvaihdunnan entsyymit ovat solulimassa.

Useimmat vapaina elävät pieneliöt elelevät ympäristössä, joka on hypotoninen (ts. ympäristön vesipitoisuus on suurempi kuin solukelmun sisäpuolella olevan aineen). Tästä syystä vettä pyrkii siirtymään sisään soluun pitoisuuserojen tasoittamiseksi. Mikäli tätä ilmiötä ei jollakin tavalla estetä, niin solu turpoaa ja lopulta halkeaa. Eukaryoottiset solut (mm. eräät alkueläimet) ovat ratkaisseet tämän ongelman käyttämällä sykkiviä rakkoja. Rakot toimivat pumppujen tavoin ja poistavat liikavettä soluruumiista. Prokaryoottisilla soluilla ei ole rakkuloita tai rakkoja. Ne pystyvät säilyttämään vesitasapainonsa siten, että niiden jäykkä, solukelmun ulkopuolella oleva soluseinä estää veden pääsyn sisälle soluun.

Tarkastellessaan asiaa lajinkehityksen kannalta tiedemiehet ovat pohtineet sitä, kehittyivätkö eukaryoottiset solut prokaryoottisista, vai kehittyivätkö nämä kaksi tyyppiä toisistaan riippumatta miljardeja vuosia sitten. Jotkin todisteet viittaavat siihen suuntaan, että eukaryoottien kalvorakenteiset soluelimet ovat joskus olleet vapaina eläviä, itsenäisiä kokonaisuuksia, jotka alkoivat sitten elää alkeellisten prokaryoottisten solujen sisällä. Jos kehityksen kulku on todella ollut sellainen, niin tämän yhteiselämän alku on ollut elämälle valtava harppaus eteenpäin.

# Ravinnonhankinta

Evoluutio ei työskentele suoraviivaisesti tuottaen aina parempia ja tehokkaampia elämänmuotoja. Itse asiassa evoluutiolla ei ole minkäänlaista pyrkimystä tai suuntaa, vaan elämänmuodot kehittyvät ja jäävät eloon vain sattuman kaupalla. Useat evoluution »kokeista» epäonnistuvat. Näin kävi alkeellisten heterotrofien, toisenvaraisten eliöiden, jotka tarvitsivat ravinnokseen orgaanisia yhdisteitä. Monet niistä varmasti muuttuivat ensimmäisten vuosimiljardien aikana ja kehittivät erilaisia kemiallisia järjestelmiä, mutta silti ne lopulta epäonnistuivat.

Jotkin näistä heterotrofeista kuitenkin alkoivat hitaasti kehittyä autotrofeiksi, omavaraisiksi eliöiksi, jotka pystyivät syntetisoimalla valmistamaan epäorgaanisista aineista kaikki tai osan tarvitsemistaan orgaanisista aineista. Nykyiset autotrofit ovat kehittyneet muodoiksi, jotka kykenevät yhteyttämään monia erilaisia ravinteita — niiden joukossa aineita, jotka ovat varsin kaukana tavanomaisen käsityksen mukaisista ravintoaineista. Erityisesti bakteerien joukossa on lajeja, jotka ovat erikoistuneet elämään monien eri kemiallisten yhdisteiden varassa. Näihin ns. kemoautotrofeihin kuuluu *Beggiatoa alba*, joka käyttää rikkiä ravintotarpeidensa tyydyttämiseen.

Eräät muut solut kehittivät menetelmän, jossa ne käyttivät auringonvaloa energialähteenään muuttaessaan epäorgaanisia yhdisteitä orgaanisiksi. Kaikki nämä fotoautotrofeiksi kutsutut solut kehittivät valoherkkiin väriaineisiin eli pigmentteihin perustuvan järjestelmän, jonka avulla ne pystyivät vangitsemaan auringon energiaa ja käyttämään sen ravinnon valmistamiseen. Niiden järjestelmää kutsutaan fotosynteesiksi eli yhteyttämiseksi. Siinä on periaat-

***Ravintoa ilmasta ja vedestä.*** *Yhteyttävät solut tuottavat itse oman ravintonsa — niin myös nämä panssarisiimaeliöt (tämä ja viereinen sivu). Fotosynteesissä muodostuu valtaosa kaikkien eliöiden käyttämästä ravinnosta.*

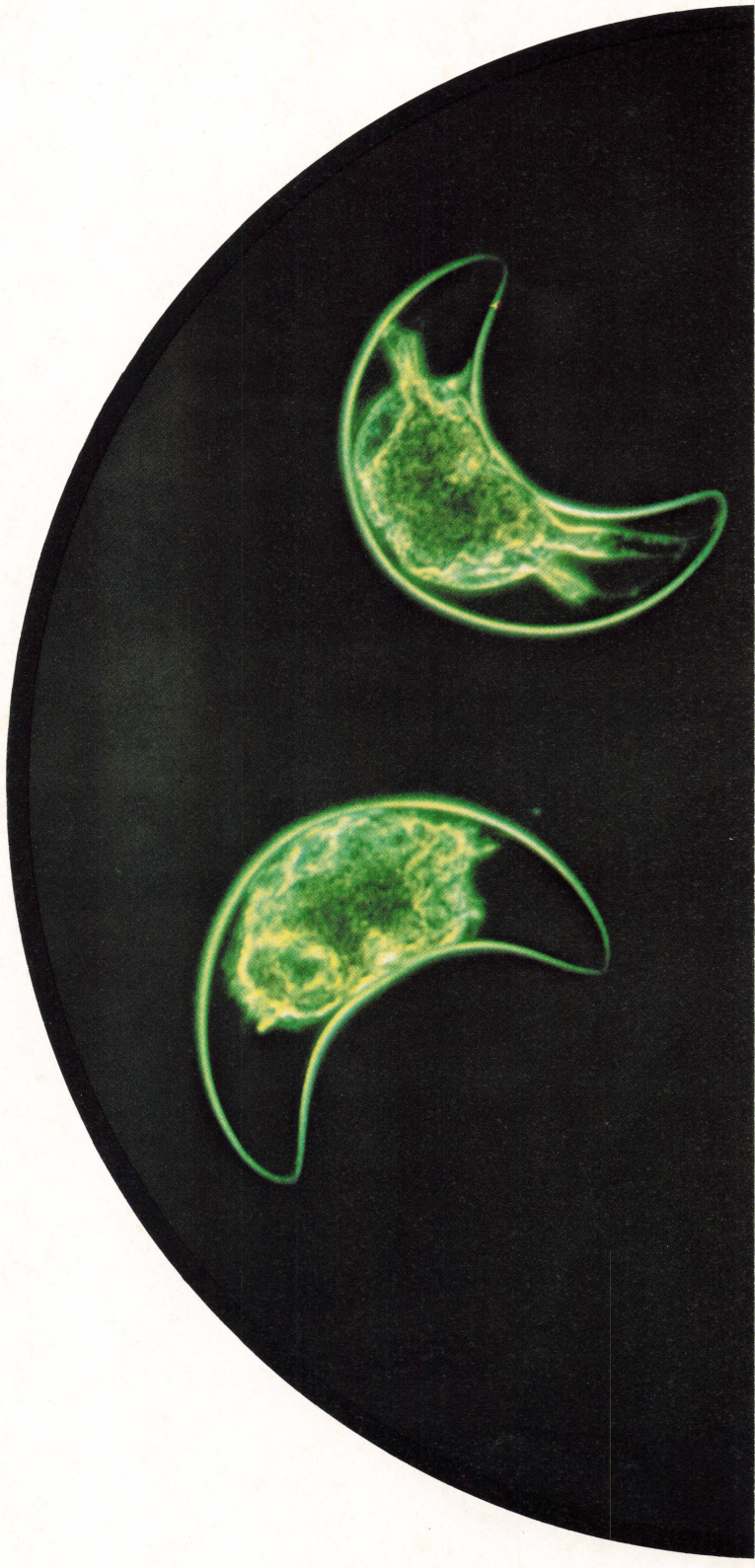
teessa kyse auringonvalon säteilyenergian muuttamisesta kemialliseksi energiaksi. Tämän järjestelmän syntyminen oli ehkä tärkein ja ratkaisevin askel elämän kehityksen jatkumisen kannalta.

Fotosynteesissä muutetaan kaksi vakaata molekyyliä, vesi $H_2O$ ja hiilidioksidi $CO_2$, mutkikkaammaksi orgaaniseksi molekyyliksi, glukoosiksi (eräs sokeri) $C_6H_{12}O_6$, sekä hapeksi $O_2$. Yksinkertaistettuna kyseinen reaktio voidaan esittää seuraavalla kaavalla:

$6\ CO_2 + 6\ H_2O + \text{valo} = C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$

Kasvit käyttävät valon säteilyenergiaa tuottaakseen runsaasti energiaa sisältäviä yhdisteitä nimeltään ATP ja NADPH. Näissä yhdisteissä on runsasenergiaisia sidoksia seurauksena mutkikkaasta tapahtumasta, jossa säteilyenergia on muutettu kemialliseksi sidosenergiaksi. Niiden luovuttaman energian ja vedyn avulla saadaan hiilidioksidista yksinkertaista sokeria, glukoosia. Kasvit polymeroivat yksinkertaisia sokereita tarvitsemikseen yhdisteiksi, kuten tärkkelykseksi ja selluloosaksi. Polymeroinnissa liitetään yksinkertaisia molekyylejä peräkkäin yhteen ja näin saadaan suurempia ja mutkikasrakenteisempia molekyylejä.

Fotosynteesillä oli ja on kaksi seurausta. Kaikki heterotrofiset eliöt — myös ihminen — saivat uuden orgaanisten ravinteiden lähteen, ja ilmakehään alkoi muodostua vapaata happea. Hapen vapautuminen ilmakehään, tämä näennäisen yksinkertainen fotosynteesin sivutuote, muutti maapallon ja sen asukkien kehityksen. Sen ansiosta maapallon ympärille muodostui suojaava otsonikerros, ja se johti kokonaan uusien eliömuotojen kehitykseen. Näillä eliöillä oli happeen perustuva aineenvaihdunta; ne pystyivät käyttämään happea hyväkseen energiaa tuottavissa aineenvaihduntatapahtumissaan.



***Pysytellään pinnassa.*** *Nämä panssarisiimaeliöt (tämä ja viereinen sivu) ovat liikuntakykyisiä, minkä ansiosta ne pystyvät hakeutumaan auringon valaisemiin pintavesiin. Niiden soluruumiin hennot ulokkeet saattavat estää niitä vajoamasta lisäämällä kokonaispintaa ja kitkaa.*

# Kokeilua selkärangattomilla

Maapallon ja sen eliöiden syntyä koskevassa 4,5 miljardia vuotta vanhassa salapoliisikertomuksessamme meillä on käytettävissä suunnaton määrä johtolankoja. Nämä johtolangat ovat fossiileja, eri tavoilla säilyneitä eliöiden jäännöksiä, joilla on ikää miljardeja vuosia. Paleontologit, muinaisten elämänmuotojen tutkijat, yrittävät kärsivällisesti koota maapallon historiaa fossiilien perusteella. Juuri fossiilit tarjoavat vakuuttavimman todisteen evoluutiotapahtumasta.

Luonnonkatastrofit ovat aina aiheuttaneet valtavia tuhoja ja massakuolemia. Paleontologit saavat tällaisten katastrofien seurauksena tietoja lajien katoamisista ja muutoksista eliöiden rakenteessa.

Erään useita tuhansia vuosia sitten tapahtuneen katastrofin seurauksena kokonainen mammutti jäätyi Siperiassa. Se kuoli niin nopeasti, että sen mahalaukussa ollut ravinto on säilynyt muuttumattomana. Eläimen lihan väitetään olleen syötävää.

Fossiilit eivät kuitenkaan tavallisesti ole näin muuttumattomia. Menneisyyttämme selvittävien salapoliisien on tutkittava lukemattomia johtolankoja ja seurattava vähäisiä vihjeitä etsiessään todisteina olevia kappaleita ja siruja kallioperästä kilometrien matkoilta.

Yleensä paleontologien työkalut eivät ole sen kummempia kuin hakkuja tai lapioita, taskuveitsiä ja erilaisia harjoja. Useimmiten paleontologien on myös turvauduttava tavanomaisilla tavoilla säilyneitten eliöiden jäänteisiin. Näiden perusteella heillä on vain yksi mahdollisuus kymmenestä löytää jokin sellainen fossiili, joka antaisi heille edes hyvin rajoitetun kuvan jostakin elämän kaudesta.

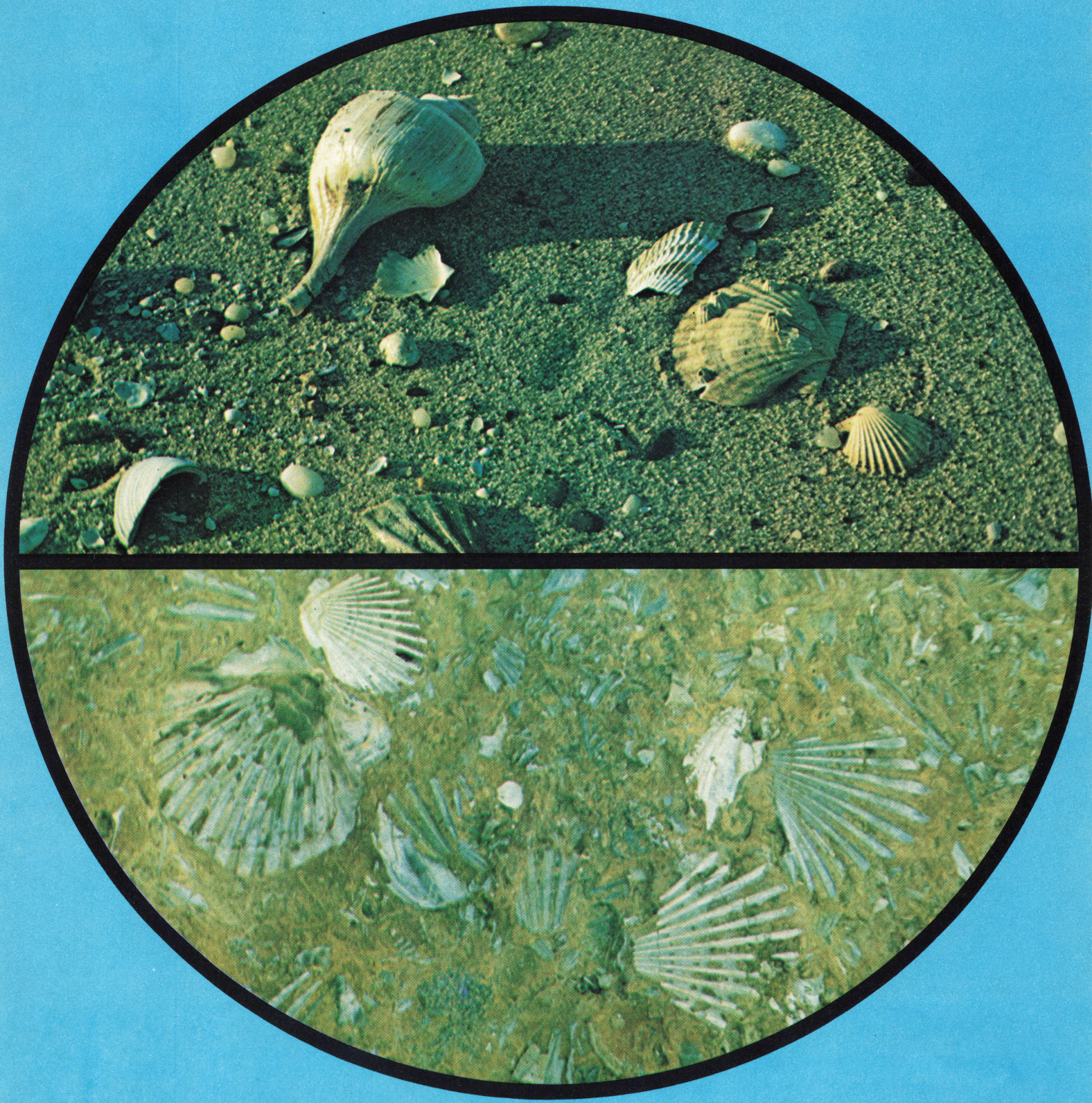
Vain harvoilla eläin- ja kasviryhmillä on sellaiset tukirangat jotka säilyvät fossiileina. Niinpä muuan tutkija on arvioinut, että nykyisen koralliriuttaekosysteemin 3 000 eläin- ja kasvilajista vain 50—75 olisi tunnistettavissa kuolemansa jälkeen. Siksi fossiilijäämistöä ei voidakaan pitää luotettavana näytteenä kaikista menneitten aikojen elämänmuodoista. Koska selkärangattomat olivat lajinkehityksen ensimmäinen eläinkokeilu, kaikki niiden fossiileina säilyneet jäljet ovat mitä tärkeimpiä johtolankoja.

Nopea hautautuminen on yksinkertaisin ja luotettavin fossilisoitumisen muoto. Oivallisia fossiileja muodostuu myös silloin, kun eläimen kuori tai luu peittyy kalsiumkarbonaatilla, ja sen huokoset tai kanavat täyttyvät samalla yhdisteellä. Kivettyminen on yksi yleisimmistä fossilisoitumistavoista. Siinä osa eläimen kuoresta korvautuu liuoksena olevalla mineraalilla. Eläimen hahmo säilyy, kun pohjavesi liuottaa sen kuoren, mutta jättää kuoren muotoisen painautuman ympäröivään aineeseen.

Fossilisoituminen voi tapahtua myös siten, että kuolleen eliön valkuaisaineet hajoavat hapettumalla ja bakteeritoiminnan tuloksena. Elollisten kudosten ainoa vakaa aine on hiili, joka tällöin jää jäljelle mustana, ohuena kerroksena.

Nykyisin saadaan tietoja muinaisista eliöistä niiden jättämien kulku-urien, pesien, hampaanjälkien ja ulosteiden tai eritteiden perusteella, vaikka itse eliöstä ei olisi jäänytkään minkäänlaista jälkeä. Fossiilit auttavat myös kivien iän määrittämisessä. Jos tiedämme jonkin eliön iän, voimme päätellä muiden eliöiden iän sen perusteella, sijaitsevatko ne kivessä tunnetun lajin ylä- vaiko alapuolella.

***Tyhjät simpukankuoret*** *(yläosa) voivat tulla fossiileiksi rannan kerrostumien muuttuessa kiveksi ja kuorien hautautuessa niiden sisään. Kuvan* ***fossiilit*** *(alaosa) ovat peräisin mioseenikaudelta; kerran nekin olivat simpukankuoria rannalla.*



# Kuin koru

*Helmivene kuuluu nelikiduksisten pääjalkaisten Nautiloida-lahkoon, jonka edustajien tiedetään eläneen jo ainakin ordovikikaudella. Helmivene on pysynyt miltei muuttumattomana miljoonia vuosia, joten tämä Kaakkois-Aasian saaristovesissä satojen metrien syvyydessä asustava eläin on todellinen elävä fossiili. Helmiveneen spiraalikierteinen kalkkikuori tulee läpimitaltaan noin 25-senttiseksi. Yllä olevassa kuoren halkileikkauksessa näkyvät väliseinät ja lokerot, joita helmivene kasvaessaan muodostaa taakseen. Uloimmasta lukuun ottamatta lokerot jäävät tyhjiksi; vain lokeroitten kaasupitoisuutta säätelevä sisälmyspussin säie kulkee niiden läpi. Helmiveneen kuoren muoto vastaa tarkoin logaritmisen spiraalin muotoa.*

**jatkoa sivulta 2**

Kivinilkan elämänkiertoon näyttää kuuluvan vaeltelu rannikon eri vyöhykkeissä. Synnyttyään poikaset asustavat syvässä vedessä, josta ne vähitellen siirtyvät matalampiin rantavesiin. Synnyinpaikoilleen ne palaavat muutaman vuoden ikäisinä.

Kivinilkan lisääntymistapa poikkeaa muiden kalalajiemme lisääntymisestä. Kivinilkka on vivipaarinen kala, toisin sanoen se ei laske veteen mätimunia, vaan synnyttää täysin kehittyneitä, uimakykyisiä poikasia. Kalojen siitos on tämän vuoksi sisäinen. Parittelu tapahtuu elo—syyskuussa, ja koiraat komeilevat silloin punaisilla rintaevillään.

Pian hedelmöitymisen jälkeen munat kuoriutuvat emon munasarjaontelossa ja saavat sitten ravintonsa emon lisääntymisrauhasten eritteistä. Noin neljän kuukauden "tiineyden" jälkeen poikaset syntyvät pää edellä emon sukuaukosta ja painuvat pohjaan. Ne ovat syntyessään 3—6 senttimetrin pituisia ja lähellä vaanivien lajitovereiden sekä muiden kalojen haluttua saalista. Koska emokaan ei kaihda jälkeläistensä syömistä, poikasten on kiireimmän kaupalla piilouduttava ruskolevien ja kivien suojaan. Poikasten lukumäärä on pieni verrattuna kutevien kalojen mätimunien määrään, mutta emon ruumiinontelon tilavuus asettaa omat rajoituksensa kehittyvien sikiöiden luvulle. Ensisynnyttäjillä on poikasia yleensä 20—30; suurilla naarailla saattaa olla jopa 400 kalan poikue.

Kivinilkka on erakkokala, joka liikkuu yksin pohjakivien ja levien joukossa ruokaa etsiessään. Ravinnoksi kelpaavat erilaiset madot, nilviäiset ja äyriäiset. Toisten kalojen mätimunat ovat tietenkin suurta herkkua. Huonona uimarina kivinilkka on itse muiden petokalojen ruokaa. Esimerkiksi hauki ja made käyttävät kivinilkkaa ravintonaan.

Vaikka kivinilkka harvoin joutuu pyyntimiehen käsiin, se on yleinen Suomenlahden rannikkovesissä, ja sitä on tavattu pohjoisissa merenosissamme aina Simojoella asti. Se elää myös Atlantin rannikkovesissä, joissa se tavallisesti kasvaa suuremmaksi kuin Suomessa. Useissa Euroopan maissa sillä on myös taloudellista merkitystä, koska sitä käytetään herkullisen makunsa vuoksi yleisesti ruokakalana.

**Teksti MARKKU VARJO**
**Kuvat KAJ DAHL**

*Turpeat huulet ovat kivinilkan pään ehkä silmiinpistävin piirre. Kivinilkka on yleinen Suomenlahden rannikolla; kuvan kala on pyydystetty Tvärminnessä.*

Nämä värikkäät kalat ovat ihmisen kehittämiä karppimuunnoksia. Luonnonvaraisen karpin selän väri vaihtelee oliivinvihreästä vihreän kellertävään; kylkien vihertävän keltainen väri voi saada pronssin sävyjä; vatsa on keltainen. Pituutta alkuperäisellä karpilla on 30—40 senttiä. Jalostetut rodut saattavat olla huomattavasti kookkaampiakin.

MMM CO-01-065-4226547

66470 JUKAJA